

BIBLIOTHECA MYCOLOGICA

BAND 125

Charakterisierung und Identifizierung von Ektomykorrhizen in einem Fichtenbestand mit Untersuchungen zur Merkmalsvariabilität in sauer beregneten Flächen*

von

EVA GRONBACH

Disbui. München
1988



J. CRAMER

in der Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung

BERLIN · STUTTGART 1988

*Gilt als Studien an Ektomykorrhizen XVIII (Studien an Ektomykorrhizen XVII, Agerer 1988).



CHARAKTERISIERUNG UND IDENTIFIZIERUNG
VON EKTOMYKORRHIZEN IN EINEM FICHTENBESTAND
MIT UNTERSUCHUNGEN ZUR MERKMALS-VARIABILITÄT
IN SAUER BEREGNETEN FLÄCHEN *)

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
des Fachbereiches Biologie
der Ludwig-Maximilians-Universität
München

vorgelegt von

Eva Gronbach

aus Wasserburg/Inn

München, im Juli 1988

*) Gilt als Studien an Ektomykorrhizen XVIII; (Studien an Ektomykorrhizen XVII, Agerer 1988).

1. Berichterstatter: Prof. Dr. R. Agerer
2. Berichterstatter: Prof. Dr. J. Hertel

Tag der mündlichen Prüfung: 28.07.1988

BIBLIOTHECA MYCOLOGICA

BAND 125

Charakterisierung und Identifizierung von Ektomykorrhizen in einem Fichtenbestand mit Untersuchungen zur Merkmalsvariabilität in sauer beregneten Flächen*

von

EVA GRONBACH



J. CRAMER

in der Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung

BERLIN · STUTTGART 1988

*Gilt als Studien an Ektomykorrhizen XVIII (Studien an Ektomykorrhizen XVII, Agerer 1988).

Editors

Prof. Dr. A. Bresinsky, Regensburg; Prof. Dr. H. Butin, Braunschweig
und Prof. Dr. H.O. Schwantes, Gießen

Anschrift der Verfasserin:

Eva Gronbach
Institut für Systematische Botanik
der Universität München
Menzingerstr. 67
D-8000 München 19

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, des auszugsweisen Nachdrucks,
der Herstellung von Mikrofilmen und der photomechanischen Wiedergabe,
vorbehalten. Auch die Herstellung von Photokopien des Werkes für den eigenen Gebrauch
ist gesetzlich ausdrücklich untersagt.

© 1988 by Gebrüder Borntraeger, D-1000 Berlin · D-7000 Stuttgart
Printed in Germany by Strauss offsetdruck gmbh, 6945 Hirschberg 2
ISBN 3-443-59026-8

nicht
bis zur Neige
einen schimmernden Teil
behalte im Glas
dem Nächsten
zu seiner Freude

Weg
suche geeignet
Ausweg - Suche
zu erübrigen

Trude Gronbach

Ich widme diese Arbeit meiner Mutter Trude Gronbach
und Markus Heron



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Die vorliegende Arbeit wurde am Lehrstuhl für Systematische Botanik der Universität München unter der Anleitung von Prof. Dr. R. Agerer angefertigt.

Herrn Prof. Dr. Agerer danke ich für die Überlassung des Themas und besonders für die ausgezeichnete Betreuung, die große Hilfsbereitschaft und viel Verständnis.

Meiner Kollegin Barbara Berg und meinen Kollegen Felix Brand, Roland Treu, Martin Uhl, Markus Weiß und unserem Assistenten Peter Altheide danke ich sehr. Ihr habt mir immer weitergeholfen, ich würde gerne weiterhin mit Euch zusammenarbeiten. Wer weiß....

Mein Vater, Wilhelm Gronbach, hat mich stets in jeder Hinsicht unterstützt. Darüber bin ich sehr froh.

"Charly", Charles Amoah, ich danke Dir sehr, Du warst immer an meiner Seite.

Herrn Liedl danke ich für die fotografischen Arbeiten.

Beim Bundesministerium für Forschung und Technologie bedanke ich mich für die finanzielle Unterstützung dieser Arbeit.

INHALTSVERZEICHNIS

SEITE

I. Einleitung

1. Einführung	1
2. Zielsetzung der Arbeit	2
3. Die Mykorrhiza	2
3.1 Die Ektomykorrhiza	3
3.1.1. Morphologie und Anatomie + Abb.1	3
3.1.2. Funktion	4
3.1.3. Ökologische Bedeutung	5
4. Ektomykorrhiza und Waldschadensforschung	7
4.1. Beobachtungen im Feinwurzelbereich geschädigter Waldbäume	7
4.2. Untersuchungen über den Einfluß der Bodenazidität	7

II. Material und Methoden

1. Typ des Waldschadens und Versuchsmaterial	9
2. Probenahme, Versuchsdurchführung und Definition der Kontrolle	10
3. Identifizierung der Ektomykorrhizen	11
4. Auswaschen der Proben	11
5. Namensgebung der nichtidentifizierten Ektomykorrhizen	12
6. Belege	12
7. Beschreibungen	12
8. Habitusfotografie	12
9. Habituszeichnungen	13
10. Autofluoreszenz	13
11. Mantelpräparate	13
12. Schnitte	13
13. Abmessungen der Tannin- und Rindenzellen; TCT und TCq; CCT und CCq	14
14. Mikroskopische Zeichnungen	15
15. Mikrofotografie	15
16. Farbreaktionen mit chemischen Reagentien	15
17. Fluoreszenz	16
18. Kernfärbung	16

III. Ergebnisse

1. Bestimmungsschlüssel zu den hier beschriebenen Ektomykorrhizen an <i>Picea abies</i> (L.) Karst	17
2. Beschreibungen und Besprechung der wichtigsten Unterscheidungsmerkmale der untersuchten Ektomykorrhiza-Arten	21
2.1. <i>Cenococcum geophilum</i> Fr.	21
2.2. <i>Piceirhiza bicolorata</i>	31
2.3. <i>Piceirhiza nigra</i>	35
2.4. <i>Piceirhiza obscura</i>	45
2.5. <i>Piceirhiza gelatinosa</i>	53
2.6. <i>Cortinarius obtusus</i> Fr.	54
2.7. <i>Paxillus involutus</i> (Batsch) Fr.	62
2.8. <i>Boletus edulis</i> Bull.: Fr.	72
2.9. <i>Xerocomus badius</i> (Fr.) Kühn.: Gilb	81
2.10. <i>Piceirhiza glutinosa</i>	89
2.11. <i>Piceirhiza guttata</i>	96
2.12. <i>Dermocybe cinnamomea</i> (L.) Wünsche	103
2.13. <i>Piceirhiza conspicua</i>	110
2.14. <i>Piceirhiza rufosimilis</i>	120
2.15. <i>Lactarius decipiens</i> Quel.	128
2.16. <i>Lactarius theiogalus</i> (Bull.) Fr.	136
2.17. <i>Piceirhiza chordata</i>	144
2.18. <i>Russula ochroleuca</i> (Pers.) Fr.	154
2.19. <i>Hygrophorus pustulatus</i> Pers.(Fr.)	164

IV. Diskussion

1. Beschreibungen vorliegender Ektomykorrhizen in der Literatur	173
1.1. <i>Cenococcum geophilum</i> Fr.	173
1.2. <i>Piceirhiza nigra</i>	174
1.3. <i>Piceirhiza gelatinosa</i>	175
1.4. Ektomykorrhizen der Gattung <i>Cortinarius</i> Fr.	175
1.5. <i>Paxillus involutus</i> (Batsch) Fr.	176
1.6. Ektomykorrhizen der Gattung <i>Boletus</i> Dill.: Fr.	177
1.7. <i>Xerocomus badius</i> (Fr.) Kühn.: Gilb.	178
1.8. <i>Piceirhiza glutinosa</i>	178
1.9. Ektomykorrhizen der Gattung <i>Dermocybe</i> (Fr.) Wünsche	178
1.10. Ektomykorrhizen der Gattung <i>Lactarius</i> (DC: Fr.) S.F.Gray	179
1.11. <i>Piceirhiza rufosimilis</i>	180
1.12. Ektomykorrhizen der Gattung <i>Russula</i> Pers.	181
1.13. Ektomykorrhizen der Gattung <i>Hygrophorus</i> Fr.	182

2. Auswirkungen der verschiedenen Behandlungsweisen der Versuchsflächen auf Morphologie, Anatomie und Verteilung der beschriebenen Ektomykorrhiza-Arten	183
3. Besprechung der für die Beschreibungen verwendeten Merkmale hinsichtlich Aussagekraft und Variabilität	183
3.1. Morphologie, Habitus	184
3.1.1. Verzweigung	184
Untypische Wuchsformen	184
Perlschnurartiges Wachstum	185
3.1.2. Größe der Ektomykorrhizen	185
3.1.3. Farbe	185
3.1.4. Manteloberflächenstruktur	187
3.1.5. Abziehende Hyphen und Rhizomorphen	187
3.2. Anatomie	188
3.2.1. Mantel	188
Pseudoparenchymatische Mantelstruktur ...	188
Plectenchymatische Mantelstruktur	189
Mykorrhizenspitze	189
Mantelschichtung	189
3.2.2. Abziehende Elemente	190
Hyphen	191
Intrahyphale Hyphen	192
Rhizomorphen	194
3.2.3. Quer - und Längsschnitte	195
Hyphenmantel	195
Wurzelhaubenderivate	196
Tanninzellen, Anzahl der Reihen und Funktion	196
Größe und Form der Tannin- und Rindenzellen; TCt und TCq; CCt und CCq;	197
Durchwachsene Tanninzellen	198
Ein- und Anlagerungen von Tannin- substanzen in den Rindenzellen	199
Hartigisches Netz	199
- Haustorienartige Einstülpungen des Hartigischen Netzes in die Rindenzellen	200
- Intrazelluläre Hyphen	201
3.2.4. Färbereaktionen	202
3.2.5. Fluoreszenz	202
3.2.6. Kernfärbungen	202



V. Zusammenfassung	204
VI. Alphabetisches Register der beschriebenen Ektomykorrhiza-Arten	206
VII. Literaturverzeichnis	207
VIII. Fototafeln 1 - 37 (mit Legenden)	217

I. EINLEITUNG

1. Einführung

Anfang der siebziger Jahre erschienen erste Berichte über weiträumige Schädigungen älterer Weißtannenbestände (Abies alba Mill.), mit denselben Symptomen des sog. "Tannensterbens", einer in den letzten Jahren mehrfach beschriebenen, periodisch wiederkehrenden Krankheit unbekannter Ursache (SCHÜTT et al. 1983).

Später aber wurde von völlig neuartigen Schadbildern an jüngeren Altersklassen der Tanne und seit 1980 der Fichte (Picea abies (L.) Karst.), der Kiefer (Pinus sylvestris L.) und der Buche (Fagus sylvatica L.) berichtet, die ein pathologisches Ereignis größeren Ausmaßes befürchten ließen (SCHÜTT et al. l.c.).

Über die Ursachen gibt es eine Vielzahl von Erklärungsversuchen. Eine zusammenfassende Übersicht geben SCHÜTT et. al. (1983), MEYER (1984), der Bericht der GESELLSCHAFT FÜR STRAHLEN- UND UMWELTFORSCHUNG MÜNCHEN 8/85 sowie der Bericht "Ursachenforschung Waldschäden" der KFA JÜLICH (STÜTTGEN 1987).

Nach dem heutigen Stand des Wissens gilt die anthropogene Belastung der Atmosphäre durch Schadstoffe als wesentliche Ursache in diesem komplexen Wirkungsgeschehen.

Neben den Schäden an oberirdischen Organen wurde ein Verfall des Feinwurzelsystems und ein Rückgang der Mykorrhizierung beobachtet (BLASCHKE 1981).

Die Ektomykorrhizen stellen für die gefährdeten Waldbaumarten eine obligate Symbiose dar, ohne die sie zugrunde gehen würden; daher kommt ihnen in der Kausalkette des Baumsterbens eine besondere Bedeutung zu (MEYER 1986).

Da an der Bildung von Ektomykorrhizen verschiedene Pilzarten beteiligt sind, variieren sie stark in ihrem Aufbau, in ihren ökologischen Ansprüchen und physiologischen Fähigkeiten und somit sicher auch in ihrem Nutzen für den Baum (zusammengefaßt bei AGERER et. al. 1986).

Bisherige Untersuchungen über Mykorrhizen in Zusammenhang mit dem Baumsterben berücksichtigten diesen Aspekt nicht (s.S. 7 "Ektomykorrhiza und Waldschadensforschung").

MARSCHNER (1987) stellte in dem zusammenfassenden Bericht der KFA Jülich zur "Ursachenforschung Waldsterben" fest: "Eine wissenschaftlich fundierte quantitative Aussage über die Rolle der Mykorrhiza für die Nährstoff- und Wasseraufnahme sowie Streßtoleranz (insbes. Al-Toleranz) der Wurzeln im allgemeinen und in Abhängigkeit von Standortsfaktoren im besonderen ist bisher nicht möglich".

SCHÖNBECK & MEYER (1987) betonten, "daß unbedingt Parameter gefunden werden müssen, anhand derer die symbiontische Aktivität vorgefundener Mykorrhizen eindeutig beurteilt werden kann".

KOTTKE (1987) hält die Erfassung der verschiedenen Ektomykorrhiza-Arten für eine unbedingt notwendige Vorarbeit, ohne die weder Aussagen über Veränderungen der Struktur noch des Artenspektrums möglich sind.

2. Zielsetzung der vorliegenden Arbeit

Diese Arbeit wurde als Teil eines interdisziplinären Projektes zur Waldschadensforschung durchgeführt. Schwerpunkt war die Erfassung und genaue Charakterisierung der Ektomykorrhiza-Arten eines weitgehend ungeschädigten Fichtenbestandes. Im speziellen sollten die Ektomykorrhizen einer unbehandelten und einer zusätzlich regenkonditioniert beregneten Versuchsfläche beschrieben werden, um damit die Voraussetzung für die Untersuchung folgender Fragestellung zu schaffen:

- welchen Einfluß hat die unterschiedliche Behandlung der verschiedenen Parzellen des Bestandes mit zusätzlich regenkonditionierter Beregnung, saurer Beregnung und Kalbung, in verschiedenen Kombinationen, auf Morphologie und Anatomie dieser Ektomykorrhiza-Arten?

3. Die Mykorrhiza

FRANK (1885) benannte die Vergesellschaftung von Pilzmycelien mit den Wurzeln von Waldbaumarten als Mykorrhiza, "Pilzwurzel". Schon früher wurde ein solches Zusammenleben von Pilzen und höheren Landpflanzen beschrieben (zusammengefaßt bei TRAPPE & BERCH 1985), jedoch erst FRANK (l.c.) erkannte und belegte die Symbiosenatur. Er beschrieb die morphologischen Veränderungen, die an Buchen- und Eichenwurzeln durch die Pilze hervorgerufen werden. Er vermutete schon damals, daß sich die Bäume nicht selbständig, d.h. ohne Pilz ernähren könnten und schrieb dem Pilzmycelium "Ammendienste" und die "ganze Ernährung des Baumes aus dem Boden" zu. Dies schloß er u.a. aus der praktisch vollkommenen Abschottung der Saugwurzel vom Boden durch den Pilzmantel, aus dem abziehende Hyphen hervorgehen, die offensichtlich die Funktion der Wurzelhaare übernehmen. Als FRANK (1894) in Experimenten zeigen konnte, daß mykorrhizierte Kiefern schneller wachsen, als unmykorrhizierte, wurde das Interesse an diesem Thema geweckt.

Heute ist bekannt, daß Mykorrhizen nicht nur weit verbreit-

tet unter den höheren Landpflanzen sind, sondern sogar häufiger als Absorptionsorgane auftreten, als unmykorrhizierte Wurzeln (HARLEY & SMITH 1983). Es lassen sich nach dem morphologisch-anatomischen Aufbau und je nachdem, welche Pflanzen- und Pilzgruppen an der Symbiose beteiligt sind, Klassen von Mykorrhizen unterscheiden: Vesiculär-arbusculäre Mykorrhizen, Ektomykorrhizen, verschiedene Formen von Ericales-Mykorrhizen (ericoid, arbutoid, monotropoid) sowie Orchideen - Mykorrhizen (HARLEY & SMITH 1983).

3.1. Die Ektomykorrhiza

3.1.1. Morphologie und Anatomie (s. Abb. 1) (zusammengefaßt nach HARLEY & SMITH 1983)

Die Ektomykorrhiza wird von Pilzen aus mehreren Familien der Basidiomyceten, einigen Ascomyceten, sowie Fungi imperfecti und wenigen Zygomyceten gebildet. An der Symbiose beteiligte Pflanzen sind Bäume und Sträucher aus den verschiedensten Familien, selten Kräuter.

Die Ektomykorrhiza ist charakterisiert:

- a) durch einen die Wurzel umschließenden Pilzmantel und
 - b) das Hartigsche Netz, das interzellulär in das Wurzelgewebe eindringt, ohne die Endodermis zu überwinden.
- Von dem Hyphenmantel ziehen Hyphen und (oder) Rhizomorphen ab, die eine enge Verbindung zum Boden herstellen.

Da Ektomykorrhizen von verschiedenen Pilzarten gebildet werden, sind diese Merkmale unterschiedlich ausgeprägt. In dieser Variabilität können sich auch Unterschiede der Funktion widerspiegeln (AGERER et al. 1986).

Mykorrhizierte Wurzeln stellen ihr Wachstum fast gänzlich ein, die Wurzelhaube ist nur schwach entwickelt, und die Zelldifferenzierung der Wurzel findet direkt anschließend an die meristematische Spitzenregion statt. Im allgemeinen erfolgt eine mehr oder weniger starke Vergrößerung der Rindenzellen (ZAK 1973). So wird die Verdickung der mykorrhizierten Wurzeln, gegenüber uninfizierten Feinwurzeln, verständlich. Auch eine Vermehrung der Rindenzellschichten kann stattfinden (ZAK l.c.)

Durch Wuchsstoffabscheidung des Mykorrhizapilzes wird die Verzweigung des Wurzelsystems angeregt.

Bei Fichtenmykorrhizen sind die äußeren (meist ein - zwei) Rindenzellschichten mit phenolischen Substanzen (Tanninen) angefüllt (NYLUND & UNESTAM 1982) (s. Abb. 1).

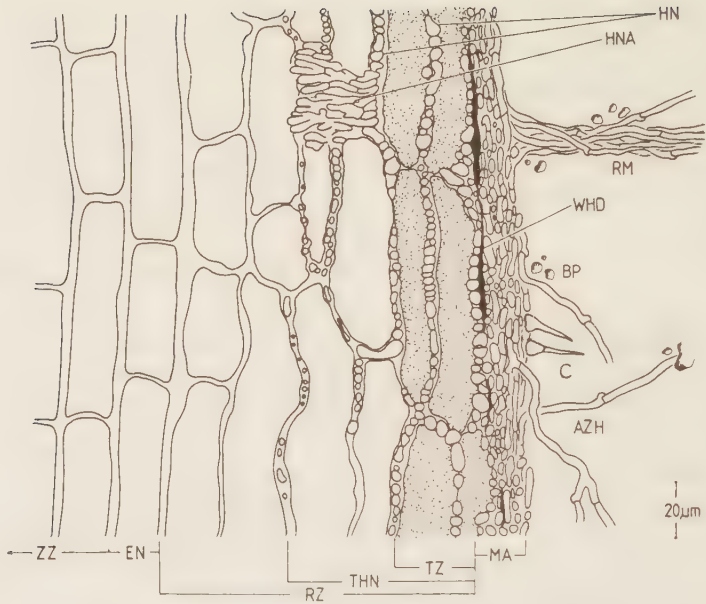


Abb.1 Medianer Längsschnitt durch eine Ektomykorrhiza

Erklärung der Abkürzungen: AZH = abziehende Hyphen; BP = Bodenpartikel; C = Cystiden; EN = Endodermis; HN = Hartigsches Netz; HNA = Aufsicht auf das Hartigsche Netz; MA = Hyphenmantel; RM = Rhizomorphe; RZ = Rindenzellen; THN = Eindringtiefe des Hartigschen Netzes; TZ = Tanninzellen; WHD = Wurzelhaubenderivate; ZZ = Zentralzylinder;

3.1.2. Funktion

Abziehende Elemente

Die abziehenden Hyphen und Rhizomorphen übernehmen die Funktion der fehlenden Wurzelhaare. Zudem bewirken sie im Substrat eine starke Vergrößerung der absorbierenden Oberfläche und erhöhen so das Bodenvolumen, das für die Wasser- und Nährstoffaufnahme zugänglich ist (HARLEY & SMITH 1983). DUDDRIDGE et al. (1980) wiesen einen aktiven Wassertransport in den Rhizomorphen von *Suillus bovinus* nach, und auch ein wirkungsvoller Phosphattransport kann hier stattfinden (STONE 1950; READ & FINLAY 1985). Über die Funktion von Cystiden ist bisher wenig bekannt. AGERER et

al. (1986) vermuten bei einigen Mykorrhiza-Arten eine Schutzfunktion gegen äsende Bodenkleintiere; die Cystiden von Russula illota sind an der Spitze knopfartig verbreitert und brechen hier offensichtlich, ähnlich wie ein Brennesselhaar, leicht ab. Sie enthalten eine ölige Substanz, die vermutlich, ebenso wie der Fruchtkörper, einen (zumindest für den Menschen) unangenehmen Geruch besitzt.

Hyphenmantel

Der die Wurzel umschließende Hyphenmantel erfüllt mehrere Funktionen (zusammengefaßt bei AGERER et al. 1986):

- Übernahme und Weitertransport der Nährsubstanzen zum Hartigschen Netz und zum Wurzelgewebe und Transport von Kohlenhydraten in der entgegengesetzten Richtung;
- Speicherfunktion für verschiedene Substanzen (Phosphate, Stickstoff, Kalium, Calcium und die von der Pflanze gelieferten Kohlenhydrate);
- Abkapselung der Wurzel vom Boden, um mechanischen und stofflichen Schutz (für einige Mykorrhiza-Arten konnten antimikrobiell wirkende Substanzen nachgewiesen werden (MARX 1972)) vor eindringenden Pathogenen zu bieten.
- Erhöhung der Toleranzgrenze der Pflanze gegenüber toxischen Metallen (Meyer 1986, MORSELT et al. 1986).

Hartigsches Netz

Die fingerförmig verzweigten Hyphen (MANGIN 1910) des Hartigschen Netzes stellen die Kontakt-Austauschzone zwischen dem Pilz und den Zellen der Pflanze dar. Der Pilz leitet hier die aufgenommenen Nährstoffe weiter und nimmt die Kohlenhydrate der Pflanze auf. Das Hartigsche Netz erstreckt sich interzellulär maximal bis zur Endodermis und soll nur bei älteren Mykorrhizen manchmal in die Rindenzellen eindringen (HARLEY & SMITH 1983).

3.1.3 Ökologische Bedeutung der Ektomykorrhizen

Die bestandesbildenden Baumarten mitteleuropäischer Wälder sind obligat auf diese Pilzsymbiose angewiesen, wie auch die Pilzpartner, zumindest in ihrer Fruchtkörperbildung, von der Pflanze abhängig sind (MEYER 1973 u. 1986).

Ektomykorrhizen, obwohl weltweit verbreitet, sind besonders in Zonen mit starken klimatischen Schwankungen, sowie in Hochlagen und trockenen, nährstoffarmen Gebieten anzutreffen. Nur Sämlinge von Bäumen, die mykorrhiziert sind, sind in der Lage bestimmte ungünstige Biotope zu besiedeln (HARLEY & SMITH 1983).

Daher ergab sich auch die praktische Anwendung in Form

einer Beimpfung von Sämlingen mit Mykorrhizapilzen (im speziellen mit Pisolithus tinctorius, MARX 1977). In vielen Gebieten Amerikas und Europas konnten Abraumhalden auf diese Weise wieder aufgeforstet werden (MARX 1980). Die Ektomykorrhiza von Pisolithus tinctorius besitzt viele weit abziehende Hyphen und Rhizomorphen und kann so offensichtlich die feinen Bodenpartikel zusammenhalten, wozu unmykorrhizierte Wurzeln nicht in der Lage wären (MARX l.c.). Auch eine hohe Resistenz dieses Pilzes gegen den schädlichen Einfluß von Schwefelverbindungen, die in solchen Abraumhalden zugegen sind, ist bekannt (GARETT & HEDRICK 1982). JONES et al. (1986) konnten nachweisen, daß durch die Mykorrhiza von Scleroderma flavidum die Nickeltoxizität für Birkensämlinge herabgesetzt wird. Die Mykorrhiza reduzierte den Transport von Nickel zu den Wurzeln. BROWN & WILKINS (1985) stellten eine erhöhte Zink-Toleranz an Birkensämlingen bei Gegenwart der Ektomykorrhizen von Amanita muscaria und Paxillus involutus fest. Die Toleranzgrenze war bei Amanita muscaria höher als bei Paxillus involutus. MORSELT et al. (1986) wiesen in Mycelien von Ektomykorrhizen ein dem Metallthionein ähnliches Protein nach, das in der Lage ist, Metalle wie Cadmium, Kupfer und Zink zu binden. Dabei erwies sich Pisolithus tinctorius als effektiv, Cenococcum geophilum hingegen zeigte keine Reaktion.

Weitere Möglichkeiten bestehen in der Aufforstung von Hochlagen, von gestörten Biotopen oder von begasten und chemisch behandelten Gebieten. Auch "Düngemaßnahmen" durch Animpfung mit Mykorrhizapilzen sind vorstellbar (MIKOLA 1969).

Die bessere Kenntnis der Ektomykorrhiza-Arten ist eine Voraussetzung für eine optimale Ausnutzung dieser Möglichkeiten. ZAK (1973) beklagte, daß man bisher nicht einmal in der Lage wäre, den Ektomykorrhiza-Artenbestand eines kleinen Waldes zu katalogisieren. GODBOUT & FORTIN (1985) konnten auch noch keine Verbesserung feststellen, sie wiesen auf die dringende Notwendigkeit einer Klassifizierung von Mykorrhizen in ihrer natürlichen Umgebung hin.

Es ist bekannt, daß verschiedene Mykorrhizapilz-Arten unterschiedliche Ansprüche bezüglich der Nährstoffsituation des Bodens stellen und auch unterschiedliche physiologische Fähigkeiten haben. Dies trifft offensichtlich (s. oben) auch auf die von ihnen gebildeten Symbiosen zu (ausführlich in AGERER et al. 1986). AGERER et al. (l.c.) wiesen darauf hin, daß die genaue Kenntnis der Mykorrhizenbaupläne sogar zu einer "funktionellen Anatomie" führen kann, die anhand spezieller anatomischer Merkmale Anhaltspunkte einer differentiellen Funktionsweise sieht.

4. Ektomykorrhiza und Waldschadensforschung

4.1. Beobachtungen im Feinwurzelbereich geschädigter Bäume

BLASCHKE (1980) stellte in geschädigten Tannenbeständen einen verminderten 'Ektomykorrhizabesatz', einhergehend mit einem geringeren Wurzelregenerationsvermögen (BLASCHKE 1980, 1981) fest. Im Tiefwurzelbereich fand er (1981) vermehrt ektendotrophe Mykorrhizastadien (d.h. Mykorrhizen mit vielen intrazellulären Infektionen und haustorienartigen Einwüchsen) und einen parasitären Pilzbefall des peridermalen Gewebes. An nicht-mykorrhizierten Wurzeln des Tiefwurzelbereiches wurde ein Befall von pflanzenparasitären Phytophthora-Arten (BLASCHKE 1982) und pathologische Veränderungen wie Verzweigungsanomalien, Nekrosen und Wundreaktionen (BLASCHKE 1984) gefunden.

SCHÜTT et al. (1983) fanden bei einem Vergleich von gesunden und erkrankten Fichten im Wurzelsystem der erkrankten Bäume einen erhöhten Anteil an abgestorbenen Feinstwurzeln (s. auch BLASCHKE 1985 und BLASCHKE et al. 1985), mit einer erhöhten Mortalität im Tiefwurzelbereich; eine geringere Regeneration der Feinstwurzeln sowie ein Rückgang 'aktiver Mykorrhizen' wurde ebenfalls festgestellt.

KOTTKE & AGERER (1983) stellten eine positive Korrelation zwischen der Holzproduktion von Fichtenbeständen und der relativen Mykorrhizahäufigkeit (= Anzahl der Mykorrhizen pro 0,1 g Feinstwurzeltrockenmasse) fest.

In Waldschadensgebieten beobachtete MEYER (1984) das Auftreten von fast ausschließlich nur einem Mykorrhiza-Typ, den er als Ektendomykorrhiza bezeichnete; der Hyphenmantel war hier kaum entwickelt oder fehlte stellenweise, die meisten Rindenzellen waren intrazellulär von Hyphen durchwachsen. MEYER (l.c.) führte dies auf die verminderte Abwehrkraft immissionsgeschädigter Fichten, auf den verminderten Assimilatfluß zu den Feinstwurzeln und auf die Bodenversauerung zurück.

v.ALTEN & MEYER (1984) berichteten von einem untypischen, langen Auswachsen der Ektomykorrhizen geschädigter Waldbestände.

MEJSTRIK (1980) beschreibt morphologische und anatomische Veränderungen der Ektomykorrhizen von Picea abies in Rauchschadensgebieten der Tschechoslowakei.

4.2. Untersuchungen über den Einfluß der Bodenazidität auf die Ektomykorrhiza

FRITSCH (1956) fand keinen Zusammenhang zwischen pH-Wert

und Mykorrhizabildung; er untersuchte die Ektomykorrhizen von Weißtannenbeständen in verschiedenen Böden mit pH-Werten von 3,5 - 6,5.

Synthetisierte Ektomykorrhizen von Paxillus involutus (LAIHO 1970), die in Medien mit verschiedenen pH-Werten (pH 2,7 - 8,3) wuchsen, zeigten keine morphologischen Unterschiede.

REICH et al. (1985) stellten in Versuchen mit Eichensämlingen eine prozentuale Zunahme der mykorrhizierten Feinwurzeln gegenüber unmykorrhizierten bei einem pH-Wert zwischen 5,0 und 4,0 und eine Abnahme bei einem pH zwischen 4,0 und 3,0 fest. Diese Reaktion war jedoch vom jeweiligen Boden abhängig; den größten Einfluß hatte der simulierte saure Regen, wenn der pH-Wert unter dem pH des Bodens lag.

BLASCHKE (1986) stellte im Höglwald nach 2 Vegetationsperioden saurer Beregnung (pH 2,8; 170mm) eine erhöhte Anzahl nicht-mykorrhizierter und nekrotischer Kurzwurzeln fest; im Experiment ('ingrowth'-Technik) wurde eine im Trend gleichartige Reaktion beobachtet.

GÖBL (1986) untersuchte ausführlich die Wirkung simulierter saurer Niederschläge auf die Mykorrhizen von Fichtenzugpflanzen in verschiedenen Böden (Gefäßversuche). Die stärksten morphologischen und anatomischen Veränderungen fanden in nährstoffarmen (Rohhumus und Podsol) Böden statt, allerdings bei gleichzeitiger Zunahme des Mykorrhizabesatzes (= Anzahl der Mykorrhizen pro Wurzellänge). In nährstoffreichen Böden war eine Reduktion des Mykorrhizabesatzes zu verzeichnen.

Die qualitativen Veränderungen (GÖBL l.c.) beziehen sich auf Wachstumsanomalien, das Auftreten von intrazellulären Hyphen und auf die Durchmesser der Mykorrhizen, die Ausprägung der Tanninzellen und die Maße der Hyphenquerschnitte des Hartigischen Netzes.

Bei keiner der oben aufgeführten Untersuchungen wurde nach Ektomykorrhiza-Arten unterschieden.

DIGTHON et al. (1985) untersuchten den Einfluß von simuliertem saurem Regen (pH 3) auf die Ektomykorrhiza-Arten von Kiefern. Sie unterschieden 6 Ektomykorrhiza-Typen nach DOMINIK (1969). Zwei Ektomykorrhiza-Typen, die durch viele abziehende Hyphen charakterisiert sind, waren in den sauer beregneten Böden, gegenüber den unbehandelten Kontrollböden, stark reduziert. Manteldicke und Zustand der Endodermisregion der 6 Ektomykorrhiza-Typen zeigten in den verschiedenen Böden keine signifikanten Unterschiede.

II. MATERIAL UND METHODEN

Diese Arbeit wurde als Teil eines interdisziplinären Schwerpunktprojektes zur Waldschadensforschung durchgeführt. Für die Planung, Durchführung und Koordination des gesamten Projektes ist Prof. Dr. K. Kreutzer, München, Lehrstuhl für Bodenkunde, verantwortlich (KREUTZER & BITTERSOHL 1986).

1. Typ des Waldschadens und Versuchsmaterial

Lage des Fichtenbestandes: Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, III 5b; Abt. Ottlerwiese, Plateau, + 540 m NN.

Der reine, ca. 76jährige, geschlossene, gut wüchsige Fichtenbestand war zu Beginn des Versuchs 1983 weitgehend ungeschädigt (1,63 einer fünfteiligen Skala im Januar 1983 und 1,81 im Mai 1983). Die Fichten stehen in zweiter Generation nach Buche/Eiche auf schwach podsoliger, im Oberboden stark versauerter Parabraunerde auf schluffigen Fein- und Mittelsanden des Tertiärs (obermiozäne Süßwassermolasse) mit Lößlehmanteil im Oberboden und 6 cm Moderauflage. Die Nährelementversorgung galt 1983 als gut, bis sehr gut (KREUTZER & BITTERSOHL 1986).

Vor diesem Hintergrund wurden sechs Parzellen a 900qm ausgewählt, die seit April 1984 wie folgt behandelt werden:

- Fläche A1: ohne Beregnung, ohne Kalkung (Null-Fläche)
- A2: ohne Beregnung, mit Kalkung
- B1: Beregnung mit saurem Wasser, ohne Kalkung
- B2: Beregnung mit saurem Wasser, mit Kalkung
- C1: Beregnung mit "normalem Wasser", ohne Kalkung
- C2: Beregnung mit "normalem Wasser", mit Kalkung

Erklärung: "normales (= regenkonditioniertes) Wasser" (pH 5,0; 170 mm pro Vegetationsperiode);
saurer Wasser (pH 2,7 - 2,8; 170 mm pro Vegetationsperiode);
Kalkung (Magnesiakalk, 55% Calcium-Carbonat, 40% Magnesium-Carbonat, 40 dz pro ha, einmal zu Beginn des Experiments);

Der Schwerpunkt dieser Arbeit war die genaue Charakterisierung der Ektomykorrhizen der unbehandelten und der zusätzlich mit regenkonditioniertem Wasser behandelten Fläche. Dies war die Voraussetzung für die Untersuchung möglicher, durch "sauren Regen" und "Kalkung" hervorgeru-

feiner Veränderungen dieser definierten Mykorrhizen. Die Probenahmen erfolgten in vier der zur Verfügung stehenden Flächen (A1, B1, B2, C2). Fläche A2 und Fläche C2 werden seit 1986 von meiner Kollegin Barbara Berg untersucht.

2. Probenahme, Versuchsdurchführung und Definition der Kontrolle

Voruntersuchungen für die vorliegende Arbeit wurden bereits im Herbst 1983 von Prof. Agerer durchgeführt. Alle Probeflächen wurden im Sommer und Herbst begangen und der Pilzartbestand festgestellt. Zwischen den unterschiedlichen Parzellen ergaben sich keine gravierenden Unterschiede bezüglich des Artbestandes von Mykorrhizapilzen.

Im Jahre 1984 begannen die Untersuchungen dieser Arbeit. Zwischen Juli und Mitte November wurden in dreiwöchentlichen Abständen aus Fläche A1 (Nullfläche) und C1 (regenkonditioniert beregnet) mit einem Bodenbohrer (5 cm im Durchmesser, bis 15 cm Tiefe) jeweils 6 Bodenproben entnommen. Die Proben wurden vorsichtig ausgewaschen, die Mykorrhizen aussortiert und nach der Methode Agerer (AGERER 1986) charakterisiert.

Die Fläche C1 wurde zusätzlich zur Nullfläche ausgewählt, um eine möglichst große Anzahl von Mykorrhizen zu erfassen. Es war anzunehmen, daß bei besseren Bewässerungsbedingungen auch die Wachstumsbedingungen für trockenheitsempfindliche Mykorrhizen verbessert werden. Daß unter trockeneren Bodenverhältnissen bestimmte Mykorrhiza-Arten überwiegen, konnte bereits von AGERER (1985) aufgezeigt werden. Andererseits sollte der Einfluß der zusätzlichen Bewässerung ("Bewässerungseffekt") nachgewiesen werden. Seit Anfang Juli 1985 erfolgte die Beprobung der Versuchsflächen B1 und B2 in entsprechender Weise, um eventuelle Veränderungen von bereits charakterisierten Mykorrhizen zu studieren. Die Proben wurden allerdings seit 1985 nicht mehr mit dem Bodenbohrer genommen, da sich herausstellte, daß die Rhizomorphen bei dieser Methode leicht abreißen. Seitdem werden sie mit einem scharfen Messer ausgestochen. Im Jahre 1986 wurden parallel Probenahmen von den Flächen A1, C1, B1 und B2 vorgenommen, um witterungsbedingte Unterschiede des Jahres 1984 (nur A1 und C1 untersucht) und 1985 (nur B1 und B2 untersucht) und ihren Einfluß auf die Mykorrhizen auszuschließen. Außerdem wurde angenommen, daß die Behandlungen der Flächen 1986 stärkere Auswirkungen zeigen. Von allen 1986er Proben wurden die verschiedenen Mykorrhiza-Arten bestimmt und morphologisch verglichen.

Da in allen Flächen morphologische Veränderungen der My-

Mykorrhiza-Arten zu beobachten waren, wurden zunächst äußerlich gleiche Mykorrhizen von jeweils der gleichen Pilzart und dem gleichen Aufsammlungstag aus den verschiedenen Probeflächen anatomisch untersucht. Es wurde darauf geachtet, daß sie bezüglich Größe, Turgeszenz und Farbe möglichst gleich gestaltet waren. Damit sollte vermieden werden, daß Mykorrhizen der gleichen Art, die sich aber in verschiedenen Entwicklungsstadien befinden, miteinander verglichen werden. Die vergleichenden anatomischen Untersuchungen bezogen sich hauptsächlich auf die Ektomykorrhizen von Russula ochroleuca, Xerocomus badius und Dermocybe cinnamomea, da diese Arten sehr häufig waren und vom Habitusbild schon leicht erkennbar.

Eine quantitativ-statistische Auswertung der einzelnen Mykorrhiza-Arten, im Zusammenhang mit den unterschiedlichen Behandlungsweisen, wird erst nach Abschluß der Beregnungsversuche möglich. Bisher konnten nicht genügend Proben aus den Flächen entnommen werden, da dies andere Untersuchungen zu stark stören würde.

Anmerkung:

- Die Mykorrhiza von Boletus edulis stammt nicht aus dem Höglwald, wurde jedoch in die Arbeit mit aufgenommen, da sie bisher in der Literatur nicht charakterisiert wurde.
- Für einige Beschreibungen mußten Mykorrhizen der sauer beregneten Flächen herangezogen werden, da die betreffende Mykorrhiza-Art entweder in dieser Fläche identifiziert wurde, oder sich in den unbehandelten Flächen kein geeignetes Material der entsprechenden Art fand.

3. Identifizierung der Ektomykorrhizen

Einzelne Fruchtkörper wurden knapp über dem Boden abgeschnitten und die Basis mit einem Stück Erde vorsichtig aus dem Boden herausgeschnitten. Dazu wurde ein scharfes Messer verwendet, um die Hyphenverbindungen zwischen Fruchtkörperbasis und Mykorrhiza nicht durch den Druck eines Bodenbohrers zu zerreißen (ausführliche Anleitung s. AGERER ed. 1987).

4. Auswaschen der Proben

Das Auswaschen der Bodenproben erfolgte Anfang 1984 in Waschflaschen, die durchsprudelt wurden. Diese Methode erwies sich als ungeeignet, da sie nicht schonend genug verläuft und abziehende Hyphen und Rhizomorphen leicht verlorengehen. Daher wurden die Bodenproben seitdem einfach in Wasser einige Stunden eingeweicht. Dann wurde das an

den Wurzeln anhaftende Erdreich weggeschwemmt und die restlichen anhaftenden Bodenpartikel unter dem Binokular mit Pinzetten, Nadeln und Pinseln entfernt. Die Wurzeln blieben dabei immer unter Wasser.

Besonders vorsichtig wurden die zur Identifikation der Mykorrhizen bestimmten Proben behandelt, da die Hyphenverbindung zwischen Fruchtkörperbasis und Mykorrhiza gefunden werden sollten.

5. Namensgebung der nichtidentifizierten Mykorrhizen

Die Namensgebung der nichtidentifizierten Mykorrhizen richtet sich nach der Baumart (*Picea*- deshalb *Piceirhiza*) und wird durch ein kennzeichnendes Epitheton, z.B. "nigra" ergänzt. Dadurch soll eine internationale Verständigung erleichtert werden. Da der Artbegriff nicht identisch mit jenem ist, der international für Pflanzen und Pilze gilt, kann hier auch der "International Code of Botanical Nomenclature" keine Anwendung finden (WEIß & AGERER 1988).

6. Belege

Von allen beschriebenen Ektomykorrhiza-Arten wurden "Referenzbelege" aufbewahrt (Botanische Staatssammlung München (M)), die in FAA (Formalin: Eisessig 70% Ethanol (5:5:90)) konserviert sind. Diese Belege haben dieselbe Funktion wie die Typus-Art von Pflanzen und Pilzen. Als Bestandteil des Referenzbeleges werden auch Farbdias und Dauerpräparate gerechnet. Weitere in den Beschreibungen aufgeführte Belege sind in Form von FAA-Material zugänglich.

7. Beschreibungen

Für die Habitusbeschreibungen wurden außer dem Referenzbeleg zusätzlich einige Mykorrhizen derselben Art herangezogen, um die Variabilität und Altersstadien, soweit möglich, mit zu erfassen.

8. Habitusfotografie

Für eine weitere Dokumentation der hier beschriebenen Ektomykorrhizen wurden Farbfotographien angefertigt. Diese werden im "Colour Atlas of Ectomycorrhizae" (AGERER ed. 1988) veröffentlicht.

Eine ausführliche Anleitung findet sich bei AGERER (1986).

9. Habituszeichnungen

Die Habituszeichnungen wurden an einem Wild-Stereomikroskop mit Zeichenspiegel angefertigt. Die meisten Abbildungen sind 12fach vergrößert und wurden anschließend photo-mechanisch verkleinert. Der Meßstrich entspricht, soweit nicht anders angegeben, 5 mm.

10. Autofluoreszenz

Frisch ausgewaschene Mykorrhizen wurden unter eine Testlampe (Heraeus Fluotest T 5301) gelegt und bei Wellenlängen von 254 nm bzw. 366 nm beobachtet.

11. Mantelpräparate

Bei 25facher oder 50facher Vergrößerung wurden unter dem Binokular kleine Mantelstücke mit Pinzette und Nadel von dem Rindengewebe der Wurzel abgezogen. Die Präparate wurden auf einen Objektträger mit einem Tropfen 90%iger Milchsäure aufgebracht und dann unter dem Stereomikroskop so orientiert, daß entweder die Außen- oder die Innenseite des Mantels nach oben sieht. Die Angaben über die Anzahl der Zellen (bei pseudoparenchymatischen Hyphenmänteln) in einem Quadrat von $20 \times 20 \mu\text{m}$ beziehen sich immer auf die Anzahl der ganzen und der angeschnittenen Zellen.

12. Schnitte

Die meisten Wurzelquerschnitte wurden mit dem Kryotom hergestellt. Ein Wurzelstückchen wurde mit der Pinzette senkrecht in den anfrierenden Wassertropfen gesetzt und war damit für den Querschnitt schon richtig orientiert. Geschnitten wurde mit einem Leitz Gefrieremikrotom 1321 in Verbindung mit dem Leitz Kryomat 1700 (Messer Schliffotyp C, Messer- und Tischtemperatur -25°C). Die Schnittdicke lag meistens zwischen 4 und $6 \mu\text{m}$.

Zur Einbettung der Objekte wurde demineralisiertes Wasser mit 5% Glycerin verwendet, anschließend erfolgte eine Überführung der Präparate in Milchsäure und das Umschließen der Deckgläser mit Entellan (Merck).

Zur Herstellung von Mikrotomschnitten wurden die vorbehandelten (Anleitung s.u.) Mykorrhizen in HistoResin, einem wasserlöslichen Einbettmedium auf Glycol-Methacrylat-Basis, eingebettet (WERNER 1984). Da die von der Firma LKB angegebene Methode etwas abgewandelt wurde (ALTHEIDE pers. Mitt.), wird sie hier beschrieben.

a) Entwässerung

Überführung der in FAA konservierten Mykorrhizen in 70%iges Ethanol und dann in 90%iges Ethanol (Verweildauer jeweils zumindest 3 Std).

b) Infiltration

Die Wurzelstückchen wurden wenigstens 12 Std in der Infiltrationslösung, die nach Vorschrift aus dem flüssigen Basisharz und dem Aktivator-Pulver angerührt wurde, gelassen.

c) Polymerisation

Die Polymerisationslösung wurde in den unteren Teil der LKB-HistoMolds eingefüllt, die Mykorrhizastückchen eingebracht und orientiert. Sobald sich die Lösung zu verfestigen begann, wurden die zugehörigen Blockhalter aufgesetzt und die restliche Polymerisationslösung aufgefüllt. Die endgültige Aushärtung erfolgte nach ca. 12 Std. bei Raumtemperatur.

Schneiden der Kunststoffblöcke

Ein Teil der Schnitte konnte mit dem HistoRange-Retraktionsmikrotom (Leihgerät der Firma LKB) angefertigt werden (Schnitttdicken von 2 - 6 μm), alle anderen Schnitte mit einem Jung Rotationsmikrotom; hier waren Schnitttdicken unter 4 μm problematisch, da die Mechanik nicht mehr gut funktionierte. Die besten Schnittergebnisse lieferten Hartmetallmesser mit D-Schliff und einem Einstellungswinkel von 10 bis 15 Grad. Für das Phasenkontrastmikroskop günstige Schnitttdicken lagen bei 2 - 5 μm . Für die Betrachtung mit Normarsky-Interferenzkontrast waren auch dickere Schnitte geeignet. Da sich die Schnitte (besonders bei hoher Luftfeuchtigkeit) stark einringelten, wurden sie auf einen Objektträger mit demineralisiertem Wasser gebracht, in dem sie sich meist wieder streckten. Die orientierten Schnitte wurden dann im Wärmeschrank bei 70 Grad getrocknet. Danach erfolgte das Eindeckeln mit Entellan (Merck).

Nachteile der Kunstharzeinbettung: Die Objekte konnten in dem langsam erstarrenden Medium schlecht vororientiert werden; Serienschnitte waren kaum anzufertigen und das bei dieser Technik nicht herausgelöste Einbettmedium führte oft zu Trübungen und Luftbläschenbildung der Dauerpräparate.

13. Abmessungen der Tannin- und Rindenzellen; TCt und TCq; CCt und CCq.

Die durchschnittlichen tangentialen und radialen Maße der

Zellen im Quer- und Längsschnitt werden angegeben. Größe und Form der Tannin- bzw. Rindenzellen lassen sich am besten durch die Werte TCt und TCq bzw. CCT und CCq ausdrücken. Dabei geben TCt bzw. CCT den Durchschnitt der Tangentialabmessungen der Tannin- bzw. Rindenzellen (cortex-cells) im Querschnitt oder medianen Längsschnitt an. TCq bzw. CCq stellen den Quotienten aus dem TCt bzw. CCT und den Durchschnittswerten der Radialabmessungen der Tannin- bzw. Rindenzellen dar. Eine ausführliche Anleitung dazu gibt AGERER (1987).

14. Mikroskopische Zeichnungen

Die Zeichnungen wurden z.T. im Hellfeld und z.T. im Normarsky-Interferenzkontrast an einem Zeiss-Mikroskop mit Hilfe eines Zeichenspiegels erstellt. Die Endvergrößerung der Abbildungen ist 1000fach, der Meßstrich entspricht 20 µm. In die Darstellungen der Mantelansichten der Mykorrhizen wurden meist zwei bis drei untereinanderliegende Zellschichten mit einbezogen, so daß der Hyphenverlauf und auch die Septenabstände aufgezeigt werden konnten. Verdickte Hyphenwände werden möglichst maßstabsgetreu mit zwei Linien begrenzt, sehr dunkel gefärbte, dickere Wände schwarz ausgemalt. Falls eine gelatinöse Matrix vorhanden war, wurde diese gepunktelt, optisch dichte Zentralhyphen und Lactiferen ebenfalls.

15. Mikrophotographie

Die mikroskopischen Photographien wurden mit einer Olympus-OM4 Kamera und einem Agfa-Ortho 25 Schwarzweißfilm an einem Zeiss-Mikroskop mit Normarsky-Interferenz-Kontrast bei 1000facher Vergrößerung aufgenommen. Die Endvergrößerung der Abzüge ist ebenfalls 1000fach, der Meßstrich entspricht 10 µm.

16. Farbreaktionen mit verschiedenen chemischen Reagentien

Untersuchungen über Farbreaktionen wurden an Mantelpräparaten von Frischmaterial durchgeführt. Die Objekte wurden dazu in das jeweilige Reagens übergeführt und dieses nach kurzer Einwirkungszeit ausgewaschen. Die Beurteilung der Reaktion erfolgte im Mikroskop bei 400facher Vergrößerung im Hellfeld, unter Verwendung eines Blaufilters (Tageslichtqualität). Die angewendeten Reagentien richteten sich weitgehend nach AGERER (1986). Die Reaktionen wurden erst seit 1986 durchgeführt, daher sind bei den Beschreibungen der Aufsammlungen von 1985 keine Angaben.

17. Fluoreszenz

Die Fluoreszenz des Hyphenmantels und der abziehenden Hyphen und Rhizomorphen wurde an Querschnittpräparaten in Milchsäure untersucht. Die Betrachtung erfolgte unter einem Leitz-Fluoreszenzmikroskop unter Verwendung eines UV-Filters (340 - 380 nm) und eines Blau-Filters (450 - 490 nm).

18. Kernfärbung

Die Kernfärbung wurde mit Karminessigsäure vorgenommen (Methode nach CLEMONCON 1978, erläutert bei AGERER 1986). Dazu wurden Mykorrhizastückchen angefärbt und anschließend die zu untersuchenden Teile (Mantel, Hyphen) in Hoyer's-Medium abpräpariert, das gleichzeitig zur Konservierung dieser Präparate diente. Bei Mykorrhiza-Arten mit relativ dicken und dunkler gefärbten Hyphenwänden war eine Änderung der angegebenen Einwirkungszeiten notwendig. Die Mykorrhizastückchen mußten länger, also ein bis zwei Tage in FBV (CLEMONCON l.c.) infiltriert werden und anstelle von ein bis zwei Minuten, wurden sie 7 - 8 Minuten in Karminessigsäure gekocht.

III. ERGEBNISSE

1. Bestimmungsschlüssel zu den hier beschriebenen Ektomy- korrhizen an Picea abies (L.) Karst.

1 Mykorrhiza dunkelbraun bis schwarz, höchstens Spitze der Mykorrhiza hell; abziehende Hyphen braun bis schwarz

2 Manteloberfläche mit sternförmig angeordneten Hyphen, Durchmesser der Mantelhyphen 6 - 9(12) μ m, Wände braun, verdickt

Cenococcum geophilum Fr.
(s. S. 21)

*2 Manteloberfläche anders

3 Manteloberfläche locker plectenchymatisch, Hyphen gabelig verzweigt, netzartiges Muster bildend; Hyphen unregelmäßig ausgebuchtet, Durchmesser der Mantelhyphen 2 (-3) μ m, nur Hyphenenden verbreitert, Wände braun oder hyalin, unverdickt

Piceirhiza bicolorata
(s. S. 31)

*3 Manteloberfläche pseudoparenchymatisch

4 Manteloberflächenzellen angulär, abziehende Hyphen mit Schnallen und einfachen Septen

Piceirhiza nigra
(s. S. 35)

*4 Manteloberflächenzellen epidermoid, abziehende Hyphen ohne Schnallen

Piceirhiza obscura
(s. S. 45)

*1 Mykorrhiza und abziehende Hyphen andersfarbig

5 Mykorrhiza weißlich, hellgelb bis ocker; unverzweigt und keulig, glatt mit wachsartiger Oberfläche; gesamter Mantel mit gelatinöser Matrix, vereinzelt kurze abziehende Hyphen; Hyphen mit Schnallen

Piceirhiza gelatinosa
(s. S. 53)

*5 Mykorrhiza anders gestaltet

6 äußere Mantelschichten plectenchymatisch

7 Mykorrhiza weiß oder weißlich z.T. silbrig glänzend; stets mit Rhizomorphen

- 8 Mykorrhiza mit fächerig abziehenden Hyphen, tw. locker zu undifferenzierten Rhizomorphen gebündelt; Hyphen mit Schnallen und 1 - 2(3) μm großen, doliporusähnlichen Strukturen
Cortinarius obtusus Fr.
(s. S. 54)
- *8 Mykorrhiza mit klar begrenzten, drehrunden Rhizomorphen mit Zentralhyphen
- 9 abziehende Hyphen vorhanden, Rhizomorphenhyphen mit Schnallen, Zentralhyphen ohne oder mit Schnallen; Rhizomorphen mit anhaftenden Sklerotien
Paxillus involutus (Batsch) Fr.
(s. S. 62)
- *9 keine abziehenden Hyphen, alle Rhizomorphenhyphen ohne Schnallen
- 10 Manteloberfläche dicht plectenchymatisch, Hyphen geschlängelt oder gewunden, Durchmesser der Mantelhyphen 4 - 6 (7) μm , Septenwände z.T. verdickt
Boletus edulis Bull.: Fr.
(s. S. 72)
- *10 Manteloberfläche z.T. locker plectenchymatisch, Hyphen fast gerade, Durchmesser der Mantelhyphen 5 - 7(8, selten 12) μm , Septen unverdickt, Anastomosen mit Septum
Xerocomus badius (Fr.) Kühn.: Gilb.
(s. S. 81)
- *7 Mykorrhiza andersfarbig, mit oder ohne Rhizomorphen
- 11 Mykorrhiza mit abziehenden Hyphen, ohne Rhizomorphen; einige der Mantelschichten mit gelatinöser Matrix
- 12 die äußersten zwei Mantelschichten locker plectenchymatisch, ohne gelatinöse Matrix, innere Mantelschichten gelatinös; abziehende Hyphen ohne Schnallen; Hyphenwände rauh oder mit unregelmäßigen kristalloiden Auflagerungen und anhaftenden Bodenpartikeln
Piceirhiza glutinosa
(s. S. 89)

- *12 äußere Mantelschichten mit gelatinöser Matrix, abziehende Hyphen mit Schnallen, abziehende Hyphen stets mit tröpfchenförmigen Auflagerungen

Piceirhiza guttata
(s. S. 96)

- *11 Mykorrhiza mit abziehenden Hyphen und Rhizomorphen, Mantelschichten nicht mit gelatinöser Matrix

- 13 abziehende Hyphen und Rhizomorphenhypen alle gleich gestaltet, Durchmesser der abziehenden Hyphen (2) 2,5 - 3,5(4) μm , abziehende Hyphen mit Schnallen, Wände gelbgrün; Rhizomorphen nicht klar abgegrenzt, aus locker gebündelten abziehenden Hyphen

Dermocybe cinnamomea (L.) Wünsche
(s. S. 103)

- *13 abziehende Hyphen und Rhizomorphenhypen dimorph; abziehende Hyphen hyalin, dünnwandig oder mit vergollenen Wänden mit einem Durchmesser von 2,5 - 5(7) μm , abziehende Hyphen meist mit Schnallen; Rhizomorphen entweder nur aus gebündelten dünnwandigen abziehenden Hyphen oder zusätzlich von Hyphen mit vergollenen, stark lichtbrechenden Wänden und einem Durchmesser von 5 - 8(13) μm durchsetzt

Piceirhiza conspicua
(s. S. 110)

- *6 äußere Mantelschichten pseudoparenchymatisch, höchstens von einem kaum sichtbaren, lockeren Netz anastomosierender Hyphen bedeckt

- 14 Mykorrhiza glatt, mit wenigen abziehenden Hyphen und selten auffindbaren Rhizomorphen; Mantel von Lactiferen durchsetzt.

- 15 äußerste pseudoparenchymatische Mantelschicht epidermoide, locker von einer Schicht unregelmäßig ausgebuchteter, vernetzter Hyphen überdeckt; Lactiferen septiert

Piceirhiza rufosimilis
(s. S. 120)

- *15 Manteloberflächenzellen unregelmäßig rundlich oder oval bis angulär

- 16 Lactiferen septiert

Lactarius decipiens Quel.
(s. S. 128)

*16 Lactiferen unseptiert

Lactarius theiogalus (Bull.) Fr.
(s. S. 136)

*14 Mykorrhiza glatt oder rauh mit abziehenden Hyphen,
mit oder ohne Rhizomorphen, ohne Lactiferen

- 17 mit abziehenden Hyphen, ohne Rhizomorphen; Manteloberfläche aus runden bis länglich-ovalen bis epidermoiden Zellen; abziehende Hyphen ohne Schnallen, Hyphendurchmesser 6 - 15 μ m, Wände 2 - 3(5) μ m dick

Piceirhiza chordata
(s. S. 144)

*17 mit abziehenden Hyphen und Rhizomorphen

- 18 Manteloberfläche mit angulären Zellen und z.T. rundlichen kristalloiden gelben Auflagerungen; abziehende Hyphen ohne Schnallen, Durchmesser (1,5)2 - 3(4) μ m; Rhizomorphen selten, Rhizomorphenhyphen wie abziehende Hyphen gestaltet

Russula ochroleuca (Pers.) Fr.
(s. S. 154)

*18 Manteloberfläche mit rundlichen. z.T. fast epidermoiden oder fast angulären Zellen; Manteloberfläche manchmal von abziehenden Hyphen bedeckt; abziehende Hyphen mit Schnallen, dazwischen einfache Septen, Hyphendurchmesser 3 - 6 μ m; Rhizomorphen aus gebündelten, verdrehten abziehenden Hyphen

Hygrophorus pustulatus Pers.(Fr.)
(s. S. 164)

2. BESCHREIBUNGEN UND BESPRECHUNG DER WICHTIGSTEN UNTERSCHIEDUNGSMERKMALE DER UNTERSUCHTEN EKTOMYKORRHIZA-ARTEN

Vorbemerkung: Die Reihenfolge der Beschreibungen der einzelnen Ektomykorrhiza-Arten entspricht der des Bestimmungsschlüssels. Morphologisch, teilweise auch anatomisch ähnliche und verwandte Arten sind daher gruppiert. Viele der Arten sind unverwechselbar, die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale werden gruppenweise besprochen. Für einzelne, gut gekennzeichnete Mykorrhiza-Arten werden die wichtigsten Merkmale angegeben.

2.1. Cenococcum geophilum Fr. (Taf. 1 u. 2)

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese: Fläche A1 27.8.86, leg. E.Gronbach (M).

Habitus (Abb. 2 a - d)

Mykorrhiza meist unverzweigt, manchmal unregelmäßig monopodial verzweigt (Abb. 2 b). Seitenäste fast gerade, leicht keulig, Enden stumpf abgerundet. Länge des Verzweigungssystems 2 - 10 mm; Länge der unverzweigten Seitenenden bis 2,5 mm; Durchmesser der Achsen 0,4 - 0,6 mm; Durchmesser der Seitenenden 0,3 - 0,5 mm.

Gesamte Mykorrhiza kohlschwarz, Manteloberfläche samtig glänzend, von starren, abstehenden schwarzen, oft gewellten Hyphen (mit anhaftenden Bodenpartikeln) umgeben; Rindenzellen nicht durchscheinend. Ältere Mykorrhizen mit matter, bröckeliger Oberfläche.

Sklerotien meist kugelig, aber auch zylindrisch oder oval; Farbe tiefschwarz; Oberfläche glatt, glänzend, teilweise mit abstehenden Hyphen; Durchmesser 0,25 - 4 mm;

Mikroskopische Merkmale

Anatomie des Mantels in Flächenansicht (Abb. 2 e - g; 3 a; Taf. 1 a - d).

Manteloberfläche plectenchymatisch, Hyphen dicht aneinanderliegend, Wände der nebeneinanderliegenden Hyphen eine gemeinsame Wand bildend. Hyphen sternförmig von einem Punkt auseinandergehend. Ausgangspunkte in Abständen von 25 - 70 μm (Abb. 2 e; Taf. 1 d). Hyphendurchmesser 6 - 9 (12) μm (incl. gemeinsamer Zellwände, Septenabstände (2) 4 - 15 (30) μm . Hyphenwände braun, 1 - 2(3) μm dick, Septen

unverdickt, (0,3 μm) hyalin oder dicker (bis 1,5 μm , dann braun. Hyphen mit Anastomosen ohne Septum (Abb.3 a). Diesen Aufbau zeigen die obersten 3 - 5 Zellschichten des Mantels; tieferliegende Schichten mit ähnlichem Muster, aber hyalinen, dünneren Zellwänden. Innerste 1 - 2(3) Zellschichten plectenchymatisch, mit dünnwandigen, hyalinen, z.T. gabelig verzweigten Hyphen; (Abb.2 f, g; Taf.1 c); Anastomosen ohne Septum; Hyphendurchmesser 3 - 4 μm , Septenabstände 4 - 50 μm . Mykorrhizenspitze wie Manteloberseite, Muster etwas enger (Abb.3 a; Taf.1 b).

Von der Oberfläche abziehende Hyphen (Abb.3 c, d; 4 a - g; 5 a - c; Taf.2 d - i).

Übergang zu abziehenden Hyphen kontinuierlich (Abb.3 a), mit oder ohne Septum; Hyphen manchmal mit verbreiteter Basalzelle (bis 14 μm) (Abb.3 c); Zellwände an Übergangsstelle dünner werdend. Abziehende Hyphen fast gerade oder gewellt, z.T. beulig ausgebuchtet, wenig verzweigt, manchmal mit Anastomosen ohne Septum (Abb.4 e). Durchmesser (4) 6 - 8 (11 μm , an Ausbeulungsstellen) (Abb.4 a, b; Taf.2 d); Septenabstände (3) 10 - 40 (65) μm , Septen dünn, hyalin, selten bis 2 μm dick, dann braun, sich z.T. von der Mitte her auflösend (Abb.4 a). Hyphenwände braun (selten hyalin), unverdickt oder bis 2 μm , glatt oder etwas rauh, manchmal mit unregelmäßig blasig-warzigen Auflagerungen (besonders bei älteren Hyphen, Abb.4 c; Taf.2 e. Hyphenenden dünner als Hyphe, manchmal aus auswachsenden intrahyphalen Hyphen gebildet (Abb.3 d; 4 g; Taf.2 d); intrahyphale Hyphen von Septum zu Septum oder durch dieses wachsend (Abb.3 d; 4 a, g) oder seitlich auswachsend (Abb.4 a, d), Durchmesser der intrahyphalen Hyphen 2 - 4 μm , Wände glatt, hyalin, unverdickt, selten braun und bis 1 μm dick (Abb.4 g).

Anatomie im Querschnitt

Manteldicke 30 - 35 μm , 7 - 10 Zell-Lagen; Zellen aller Schichten rundlich bis tangential-oval, die der innersten 2 - 3 Schichten kleiner. Äußere 3 - 5 Schichten mit verdickten braunen Zellwänden (1- 3 μm), innen Wände dünn, hyalin (s.Längsschnitt Abb.5 f; Taf.1 e; 2 a).

Maße der Zellen der äußeren Schicht (ohne Wände): tangential 4 - 7 (20) μm , radial 3 - 7 μm .

Maße der Zellen der innersten Schicht: tangential (3) 4 - 7 (13) μm , radial 3 - 5 (7) μm .

Wurzelhaubenderivate, selten auffindbar; wenn, dann im innersten Mantelbereich schmal langgezogen

Tanninzellen: Anzahl der Reihen: 1 - 2; tangential schmal-

oval; Größe tangential 20 - 45 μm , radial (3)4 - 17(35) μm . Tct = 32,8 μm ; TCq = 4,1.

Rindenzellen: Anzahl der Reihen (incl. Tanninzellen): 4 - 5; tangential-oval; Größe tangential (10)15 - 35(50) μm , radial (7)10 - 30(36) μm . CCT = 31,3 μm ; CCq = 1,6.

Hartigsches Netz: Dicke incl. Restzellwände um Tanninzellen: (2)3 - 10 μm , um Rindenzellen: 1,5 - 4 μm . Anzahl der Hyphenreihen um Tanninzellen: 1 - 2(3), um Rindenzellen: 1. Hauptform der Hyphenzellen um Tannin- und Rindenzellen rund bis oval. Einzelne Hyphe um Tanninzellen (2) 3 - 5 μm im Durchmesser. Hartigsches Netz 3 - 4 Rindenzellschichten (incl. Tanninzellen) tief. Rindenzellen manchmal mit bläsigen Einstülpungen des Hartigschen Netzes und mit intrazellulären Hyphen (s. Längsschnitt Taf. 2 b).

Sklerotien im Schnitt mit runden Zell-Lumina (Durchmesser 4 - 10 μm), Wände braun, miteinander verschmolzen, bis 7 μm dick (Abb. 3 b).

Anatomie im Längsschnitt (Abb. 5 d - f; Taf. 1 e; 2 a - c)

Mantelschichtung und Zellformen dem Querschnitt entsprechend.

Maße der Zellen der äußeren Schicht (ohne Wände): tangential (3)4 - 10(20) μm , radial 3 - 7 μm .

Maße der Zellen der innersten Schicht: tangential (3)4 - 7(20) μm , radial 3 - 5(7) μm .

Tanninzellen tangential schmal-oval; Größe tangential 20 - 80 μm , radial (3)4 - 17(35) μm ; Tct = 60 μm ; TCq = 5.

Rindenzellen tangential schmal-oval, z.T. etwas schräg zur Längsachse; Größe tangential (45)50 - 90 μm , radial (7)10 - 30(36) μm ; CCT = 73,1; CCq = 3,9.

Mykorrhizenspitze: Manteldicke und Aufbau wie für Längsschnitt dargestellt (Taf. 1 e).

Farbreaktionen des Mantels mit verschiedenen Reagentien:

Äthanol 70%: ---; Anilin: ---; Baumwollblau: Wände grün-braun; Brillantkresylblau: ---; Eisensulfat: ---; Guajak: ---; Kalilauge 15%: ---; Melzers Reagens: ---; Milchsäure: ---; Phenol: ---; Rutheniumrot: ---; Säurefuchsin: Wände rötlich braun;

Autofluoreszenz:

Ganze Mykorrhiza: 254 nm: ---; 366 nm: ---;

Querschnitte: UV Filter 340 - 380 nm: ---;

Blaufilter 450 - 490 nm: ---;

Kernfärbung (KES)

Abziehende Hyphen mit 2 - 4 Kernen pro Zelle; Durchmesser

der Kerne 1 - 2 μ m.

Untersuchtes Material:

Referenzbeleg;

Herkunft weiteren Materials:

Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald,
Abt. Ottlerwiese;

a) mit Belegen: A1 16.9.86 (in M); B1 12.9.85 (in M); B2
15.7.86 (in M); C1 21.4.86 (in M); .

b) ohne Belege: C1 28.4.86; B1 16.9.86.

Bezüglich Beschreibungen von *Cenococcum geophilum* Fr. in
der Literatur s. S. 173.

Wichtigste Unterscheidungsmerkmale von *Cenococcum geophilum*, *Piceirhiza bicolorata*, *Piceirhiza nigra* und *Piceirhiza obscura*.

Diese vier Mykorrhiza-Arten besitzen einen dunkelbraunen bis schwarzen oder zumindest teilweise schwarzbraunen Hyphenmantel, hervorgerufen durch bräunlich oder braun gefärbte Zellwände. Auch die abziehenden Hyphen sind braun

Im Habitus hebt sich *Cenococcum geophilum* etwas von den anderen drei Arten ab, die Mykorrhiza ist immer durchwegs kohlschwarz, mit starr abstehenden Hyphen; im Gegensatz dazu sind die anderen Arten braun bis schwarzbraun, mit etwas helleren Spitzen und locker-wollig von den abziehenden Hyphen umhüllt.

Eine eindeutige Bestimmung von *Cenococcum geophilum* ermöglicht die Manteloberflächenstruktur:

Die Hyphen gehen sternförmig auseinander, die Wände der nebeneinanderliegenden Hyphen sind verschmolzen und erreichen so einen Durchmesser von 1 - 3 μ m; Durchmesser der Mantelhyphen: 6 - 9 (12) μ m.

Die Manteloberfläche von *Piceirhiza bicolorata* dagegen besteht aus einem lockeren, netzartigen Plectenchym aus gabelig verzweigten, anastomosierenden, ausgebuchteten Hyphen mit unverdickten Wänden; Durchmesser der Hyphen 2 - (3) μ m.

Piceirhiza nigra hat eine pseudoparenchymatische Manteloberfläche mit angulären Zellen und *Piceirhiza obscura* mit epidermoiden Zellen. Weitere Merkmale dieser zwei Arten werden unter Punkt III.2.3. besprochen.

Die Mantelstruktur und die abziehenden Hyphen von *Cenococcum geophilum* und *Piceirhiza bicolorata* weisen noch weitere erhebliche Unterschiede auf:

Die innerste Mantelschicht von *Cenococcum geophilum* wird

von hyalinen 3 - 4 μ m dicken Hyphen gebildet, während der gesamte Hyphenmantel von Piceirhiza bicolorata aus gleich gestalteten Hyphen aufgebaut ist, in der innersten Schicht ist die Matrix z.T. gelatinös.

Die abziehenden Hyphen, die bei beiden Mykorrhizen nur einfache Septen bilden, haben sehr unterschiedliche Durchmesser : (4) 6 - 8 (11) μ m bei Cenococcum geophilum, 2 - (3) μ m bei Piceirhiza bicolorata, die Hyphenwände sind bei Cenococcum geophilum verdickt und glatt, oder unregelmäßig blasig warzig, bei Piceirhiza bicolorata unverdickt und feinwarzig.

LEGENDE zu Abb.2 - 5.

Abb.2 - Cenococcum geophilum - (a - d) Habitus, verschiedene Maßstäbe; (a) einzelne Mykorrhizen an Hauptachse; (b) Hauptachse auch vom Hyphenmantel umgeben; (c) Cenococcum an der Spitze einer anderen Ektomykorrhiza; (d) mit Sklerotien (Skl); (e) Mantelaufsicht: Plectenchym, Hyphen mit verdickten braunen Wänden; Septen dünner; (f, g) innerste Mantelschicht: Plectenchym mit hyalinen Hyphen; (f) Hyphen der mittleren Mantelschicht sichtbar (s. Pfeil); (g) innerste Zellschicht. Alle Abbildungen von A1, 27.8.86.

Abb.3 - Cenococcum geophilum - (a) Aufsicht auf Mykorrhizenspitze mit abziehenden Hyphen (s. Pfeil) und Anastomosen der Mantelhyphen; (b) Schnitt durch ein Sklerotium; (c) abziehende Hyphen mit Basalzellen und Wänden verschiedenen Durchmessers; (d) Enden der abziehenden Hyphen meist dünnwandig, z.T. von auswachsenden intrahyphalen Hyphen gebildet. Alle Abbildungen von A1, 27.8.86.

Abb.4 - Cenococcum geophilum - (a - g) abziehende Hyphen; (a) mit Septen verschiedenen Durchmessers und intrahyphaler Hyphe, die apikal und seitlich auswächst (s. Pfeil); (b) Hyphenwände unregelmäßig ausgebuchtet; (c) Hyphenwand außen mit blasig warzigen Auflagerungen; (d) dickwandige braune Hyphen mit seitlich auswachsenden hyalinen Hyphen (s. Pfeil); (e) Anastomosen; (f) gabelige Verzweigung; (g) dickwandige, braune intrahyphale Hyphe mit apikal auswachsender hyaliner Hyphe. Alle Abbildungen von A1, 27.8.86.

Abb.5 - Cenococcum geophilum - (a - c) abziehende Hyphen (a) mit geringem Durchmesser, dünnwandig; (b) hyaline intrahyphale Hyphe löst sich von der Hyphenwand und durchwächst apikalwärts (s. Pfeile) die Septen der abziehenden Hyphe; (c) braune intra-intrahyphale Hyphe; (d) Hartigsches Netz (HN) auf Tanninzelle (Mantelinnenseite); (e) Längsschnitt median, Hartigsches Netz auf Rindenzelle; (f) Längsschnitt median, Mantel innen mit hyalinen, dünnen und außen braunen, dickeren Zellwänden; äußerste Schicht mit abziehender Hyphe und bröseliger Zellwand. Alle Abbildungen von A1, 27.8.86.

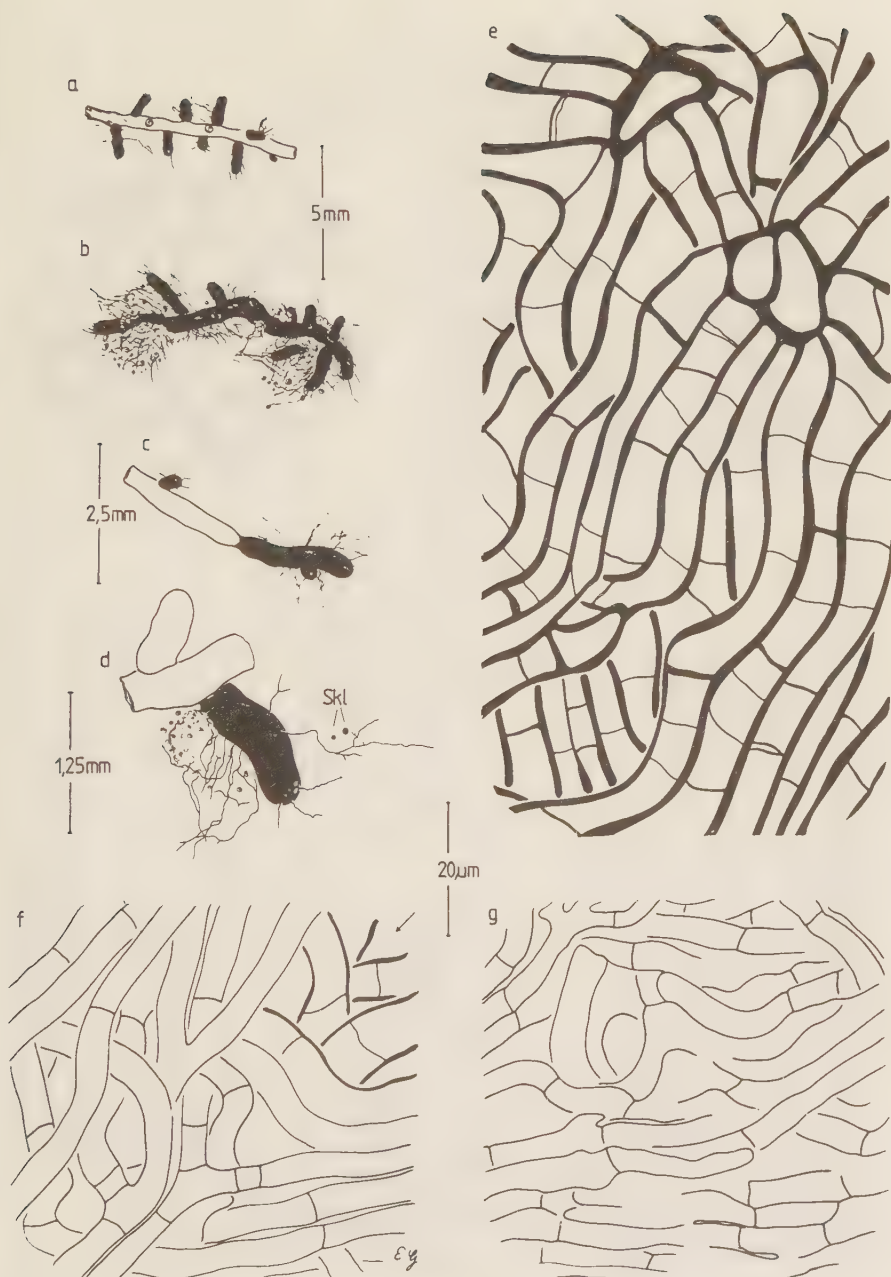


Abb.2 - *Cenococcum geophilum*

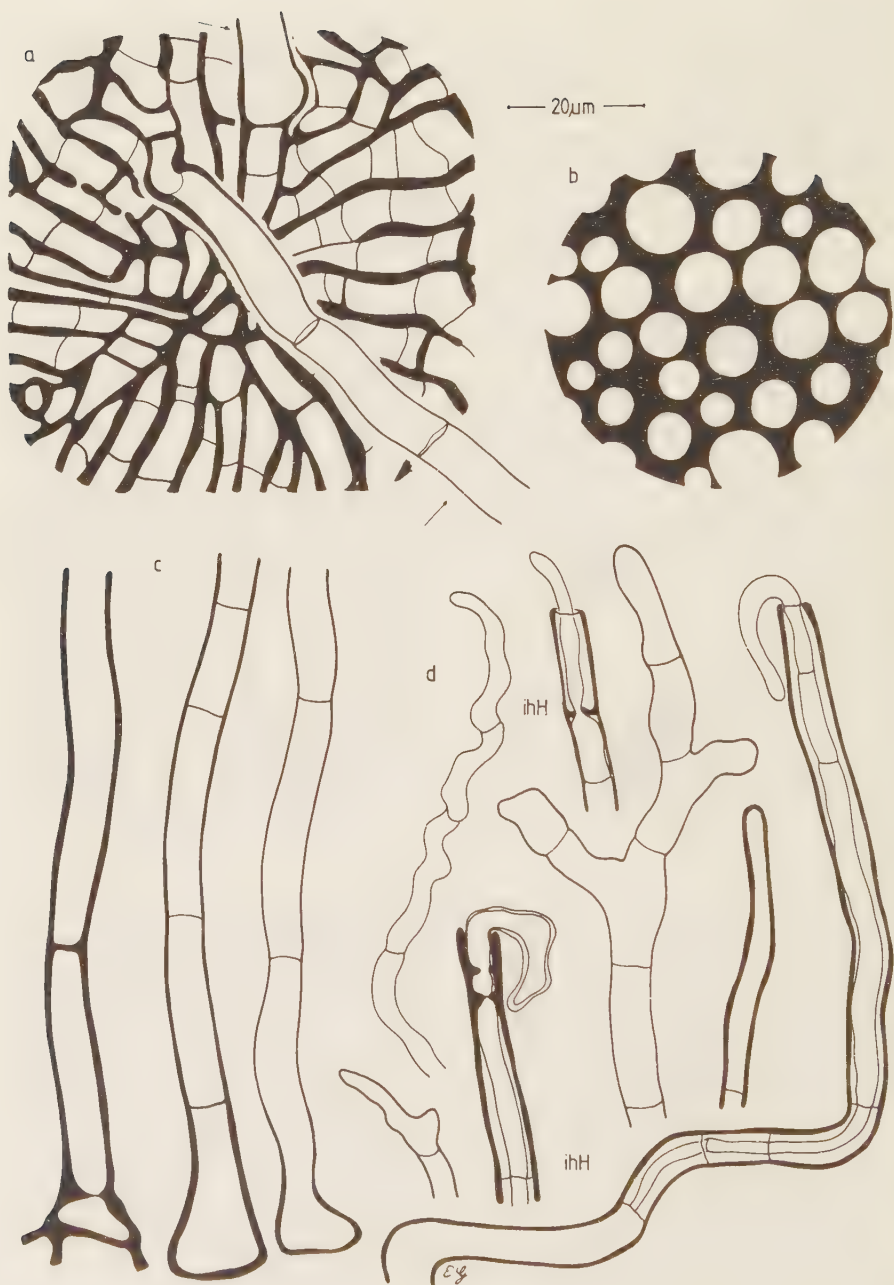


Abb.3 - *Cenococcum geophilum*



Abb.4 - *Cenococcum geophilum*

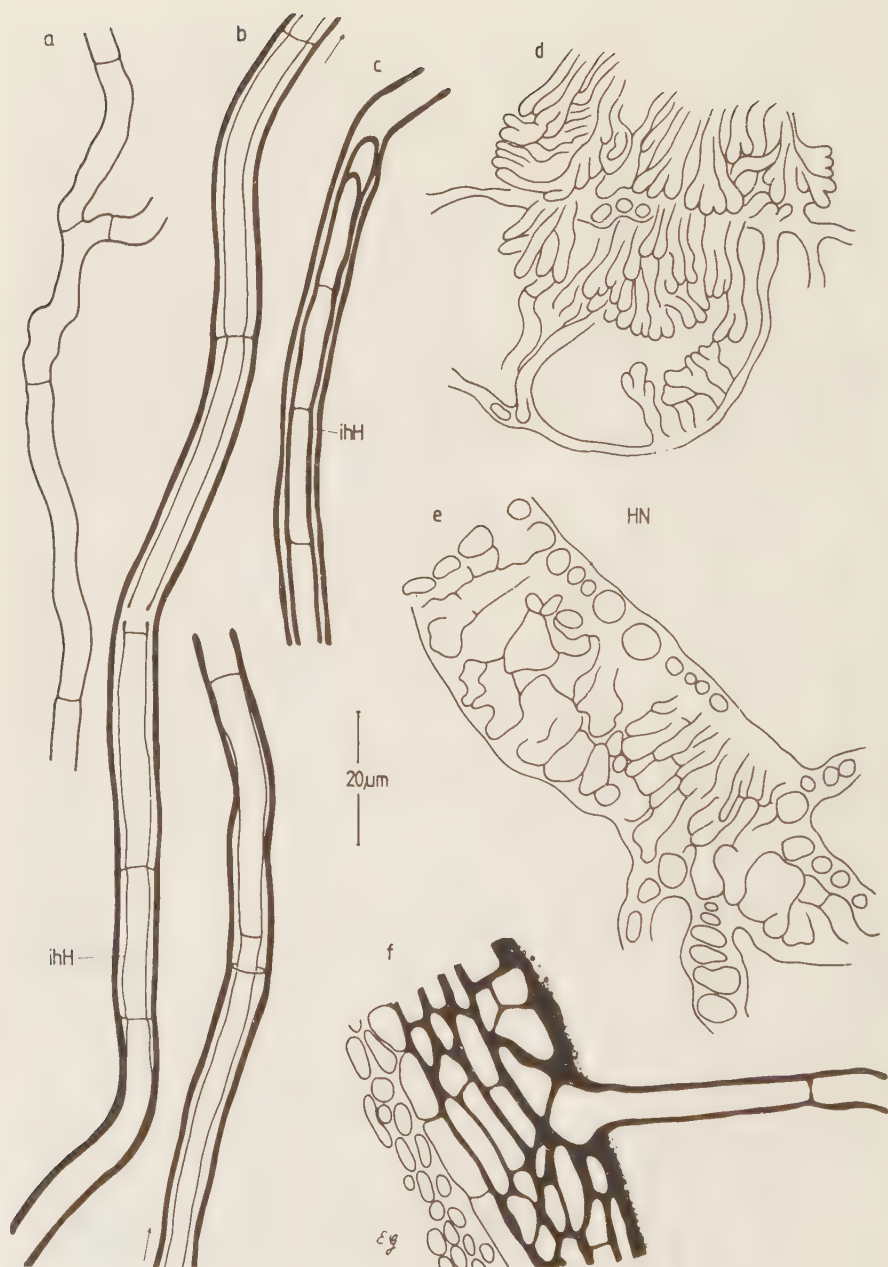


Abb.5 - *Cenococcum geophilum*

2.2. Piceirhiza bicolorata*) (Taf. 3 u.4)

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese, Fläche C1 27.8.86, leg. E.Gronbach (M)

Habitus (Abb.6 a)

Mykorrhiza unverzweigt, Länge 3 mm, Durchmesser 0,4 mm; von dieser Mykorrhiza-Art wurde nur ein Stückchen gefunden.

Mykorrhiza zweifarbig, das obere Drittel weißlich bis hyalin, alles andere schwarzbraun.

Manteloberfläche glatt, glänzend, bis auf Spitze alles von abziehenden Hyphen wollig umhüllt; Rhizomorphen wurden nicht gefunden.

Mikroskopische Merkmale

Anatomie des Mantels in Flächenansicht (Abb.6 b - d; Taf.3 a - e).

Äußere und mittlere Mantelschichten locker plectenchymatisch, netzartiges bis labyrinthisches Muster, durch mehrfach gabelig verzweigte und anastomosierende, ausgebuchtete Hyphen gebildet (Abb.6 b; Taf.3 a - c). Hyphendurchmesser 2 (-3) μm , Hyphenenden oft verbreitert bis max. 9 μm , Septenabstände 3 - 20 μm ; Hyphenwände glatt, die der Mykorrhizenspitze hyalin, alle anderen bräunlich; im Übergangsbereich hyaline und bräunliche Hyphen nebeneinander.

Innerste Mantelschicht wie Manteloberseite, Plectenchym nur etwas dichter und Matrix teilweise gelatinös (Abb.6 d; Taf.3 d, e); Hyphen des Hartigschen Netzes auf TanninzelLEN 2(-3) μm im Durchmesser, nicht ausgebuchtet und wenig verzweigt, mit hyalinen oder bräunlichen Wänden (Taf.3 f).

Von der Manteloberfläche abziehende Hyphen (Abb.6 e, f; Taf.4 e - j)

Abziehende Hyphen einfach verzweigt, Durchmesser 2 - 2,5 μm , Abstände der einfachen Septen 5 - 45(80) μm , Anastomosen ohne Septen; Hyphenwände unverdickt, hellbraun, Oberfläche mit kleinen, braunen Warzen besetzt. Hyphen manchmal mit intrahyphalen, hyalinen Hyphen (Durchmesser 1,5 - 2 μm); diese häufig an der Hyphenspitze auswachsend (Abb.6 f; Taf.4 e) und z.T. verzweigt. Hyphen ohne doliporusähnliche Strukturen.

*) Etymologie: bicolorata (lat.) = zweifarbig, bezieht sich auf den Hyphenmantel.

Querschnitte: konnten wegen Materialmangel nicht angefertigt werden.

Anatomie im Längsschnitt (Abb.6 g; Taf.4 a - d)

Manteldicke 20 μm , ca.8 Zell-schichten; alle Schichten plectenchymatisch, Zellen im Schnitt meist rund bis oval. Hyphen mit hyalinen und bräunlichen Wänden in allen Schichten.

Maße der Zellen der äußersten Schicht: tangential (1,5) 2 - 2,5(6, selten 20 μm), radial (1,5)2 - 2,5 (8) μm ;

Maße der Zellen der mittleren und innersten Schicht: wie äußerste Mantelschicht.

Wurzelhaubenderivate in den inneren Mantelschichten schmal langgestreckt.

Tanninzellen: Anzahl der Reihen: 2; tangential schmal-oval; Größe tangential (35)50 - 100 μm , radial 5 - 17(25) μm . TCt = 70,3 μm ; TCq = 5.7.

Rindenzellen: Anzahl der Reihen (incl. Tanninzellen): 5; tangential schmal-oval; Größe tangential (55)70 - 100 (115) μm , radial (12)15 - 25 μm . CCt = 86,1 μm ; CCq = 4,7.

Tanninzellen z.T. von Hyphen durchwachsen; innere Rindenzellen mit Wandverdickungen und Tannineinlagerungen (Taf.4 d).

Hartigsches Netz (Abb.6 g) Dicke incl. Restzellwände um Tanninzellen: 1 - 5 μm , um Rindenzellen 1 - 2 μm ; Anzahl der Hyphenreihen um Tanninzellen: 1 - 2, um Rindenzellen: 1; Hauptform der Hyphen um Tannin- und Rindenzellen rund bis oval. Hartigsches Netz 1 - 2 Rindenzellschichten (incl. Tanninzellen) tief.

Mykorrhizenspitze: Manteldicke 20 μm , 9 - 10 plectenchymatische Zellschichten, Zellen rund bis oval, Zellwände hyalin, Matrix gelatinös (Taf.4 c).

Äußerste Rindenzellen hier mit Tannineinlagerungen.

Farbreaktionen des Mantels mit verschiedenen Reagentien:

Äthanol 70%: ---; Anilin: ---; Baumwollblau: Wände grünbraun; Brillantkresylblau: Wände violett; Eisensulfat: ---; Guajak: Wände dunkelbraun; Melzers Reagens: ---; Milchsäure: ---; Phenol: Wände olivbraun; Rutheniumrot: ---; Säurefuchsin: Wände rotbraun; Sulfovanillin: Wände violett;

Autofluoreszenz:

Ganze Mykorrhiza: 254 nm: ---; 366 nm: ---;

Längsschnitte: UV Filter 340 - 380 nm: ---;

Blaufilter 450 - 490 nm: Mantel schwach orange.

Kernfärbung: konnte wegen Materialmangel nicht durchgeführt werden.

Wichtigste Unterscheidungsmerkmale von *Cenococcum geophilum*, *Piceirhiza bicolorata*, *Piceirhiza nigra* und *Piceirhiza obscura* s. S. 24.

LEGENDE zu Abb.6.

Abb.6 - *Piceirhiza bicolorata* - (a) Habitus; (b) äußerste, (c) mittlere und (d) innerste Mantelschicht: Plectenchym mit ausgebuchteten, verzweigten und anastomosierenden Hyphen; (c) innerste Mantelschicht z.T. mit gelatinöser Matrix (s. Pfeil); (e) abziehende Hyphen mit Ananstomosen und seitlichen Auswüchsen, Oberfläche mit feinen braunen Warzen, nur z.T. gezeichnet; (f) Hyphenenden, z.T.von auswachsenden, hyalinen intrahyphalen Hyphen gebildet (s. Pfeil); (f') Ansatzstelle einer abziehenden Hyphe; (g) Längsschnitt median, Hartigsches Netz (HN) auf Rindenzellen (Riz). Alle Abbildungen von C1, 27. 8.86;



Abb.6 - *Piceirhiza bicolorata*

2.3. Piceirhiza nigra*) (Taf. 5 u.6)

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese: Fläche B1, 11.7.85, leg. E.Gronbach (M)

Habitus (Abb. 7 a - c)

Verzweigung unregelmäßig monopodial bis monopodial-pyramidal; Hauptachse und Seitenäste gerade oder leicht gekrümmt; Seitenenden stumpf, etwas keulig verdickt; Länge des Verzweigungssystems 3 - 16 mm; Länge der unverzweigten Seitenenden bis 8 mm; Durchmesser der Achsen 0,5 - 0,6 mm; Durchmesser der Seitenenden 0,3 - 0,5 mm.

Seitenenden braun bis schwarzbraun, unmittelbare Spitzen braun bis hellbraun; ältere Mykorrhizen schwarz.

Manteloberfläche glänzend, Struktur körnig-warzig, Mykorrhiza von abziehenden Hyphen locker umhüllt; Rindenzellen nicht durchscheinend; Manteloberfläche älterer Exemplare matt, körnig-warzige Struktur nicht erkennbar, nur wenige abziehende Hyphen.

Rhizomorphen: keine auffindbar.

Abziehende Hyphen bei jüngeren Mykorrhizen dicht, starr, relativ dick und stabil, gerade oder geschlängelt, wenig verzweigt; Farbe schwarzbraun, bräunlich oder selten hyalin.

Mikroskopische Merkmale

Anatomie des Mantels in Flächenansicht (Abb.7 d - g; Taf.5 a - g;)

Manteloberfläche (Abb. 7 d, e; Taf. 5 a - e) pseudoparenchymatisch; einzelne Zellen angulär; Anzahl der Zellen in $20 \times 20 \mu\text{m}$: 4 - 7(8). Zellwand bräunlich bis ocker, maximal 1 μm dick. Übergang zu abziehenden Hyphen mit oder ohne Septum. In den Zellen manchmal schwarz gefärbte, kristalloide Ablagerungen.

Herausragende runde Zellanhäufungen (bei jüngeren Mykorrhizen in regelmäßigen Abständen) aus runden bis ovalen Hyphenzellen mit bräunlichen Wänden; bis neun Zellen in $20 \times 20 \mu\text{m}$ sichtbar; ältere Mykorrhizen ohne Zellanhäufungen.

Tieferliegende Mantelschichten pseudoparenchymatisch; Hyphenzellen angulär (Abb 7 e; Taf.5 e). Zellabmessungen wie

*) Etymologie: nigra (lat.) = schwarz, bezieht sich auf die Farbe der Mykorrhiza.

in Manteloberfläche; Zellwände meist weniger gefärbt. Übergangsschicht zum Plectenchym mit hyphigen Zellen mit größerem Durchmesser (4 - 5,5 μm) als Hyphen der innersten Mantelschicht (Abb.7 g)

Mantelinnenfläche dicht plectenchymatisch (Abb.7 f; Taf. 5 f, g). Hyphen über längere Strecken hinweg parallel verlaufend, wenig verzweigt, einfache Septen in regelmäßigen Abständen, manchmal auch Schnallen erkennbar.

um; Wände bräunlich bis hyalin, nicht verdickt.

Oberfläche der Mykorrhizenspitze wie Manteloberfläche, Zellen etwas kleiner; Anzahl der Zellen in 20 x 20 μm : 6 - 9(10). Zellwand-dicke bis 1 μm .

Von der Manteloberfläche abziehende Elemente (Abb.8 a - j, 9 a - l; Taf.6 a - d).

Abziehende Hyphen aus den Zellen des Pseudoparenchyms der Manteloberfläche oder aus den runden Zellen der Zellanhäufungen herauswachsend, manchmal ohne Septum, oft aber durch Schnallen oder einfache Septen von Basalzelle getrennt. Häufig mehrere Hyphen aus einer Zelle hervorgehend (Abb.9 l).

Durchmesser der Hyphen: 2,5-5,5 μm ; Wandstärke bis 2,5 μm , Wände bräunlich oder hyalin, glatt, selten mit warzigen, braunen Auflagerungen (Abb.9 g); Septenabstände sehr unregelmäßig; Schnallen oder einfache Septen; Verzweigung der Hyphen y-oder kreuzförmig (Abb.9 a - e; Taf.6b) meist einhergehend mit Schnallenbildung nach der Verzweigungsstelle. Grösse der Basalzelle 6 - 14 μm , rund, oval oder dreieckig (Abb.8 j). Hyphenenden gebogen oder geschlängelt, meist mit dünner und hyaliner Zellwand, ohne warzige Auflagerungen (Abb.8 a - g).

Hyphenenden oft von auswachsenden hyalinen intrahyphalen Hyphen gebildet (Abb.8 c, h); intrahyphale Hyphen auch von Septum zu Septum (Abb.8 i) oder seitlich auswachsend (Abb.9 b, f), dann manchmal um Haupthyphye gewunden (Abb.9 f; Taf.6 d).

Septenwand der Schnallen bis 1,5 μm dick, dazwischen einfache dünnwandige, sowie auch sich auflösende Septen (Abb.8 d u. 9 d).

Cystiden (Abb.9 k) relativ selten, schmal, länglich, spitz zulaufend; 3 - 4 μm im Durchmesser, 12 - 54 μm lang, 1 - 4zellig, Septen einfach; Basis rund, 4 - 6 μm . Wände kaum verdickt, glatt, Farbe bräunlich; Cystiden am besten in Quer und Längsschnitten sichtbar.

Papillenförmige Zellen (Abb.9 i, j) selten, dann zu mehreren nebeneinander auftretend; kegel bis flaschenförmig, 7 - 10 μm lang, 1 - 2zellig; Wände kaum verdickt, glatt, bräunlich.

Rhizomorphen nicht auffindbar, nur nebeneinanderliegende abziehende Hyphen ohne näheren Zusammenhalt (Abb.9 h).

Anatomie im Querschnitt

Manteldicke (30)50 - 60(70) μm ; 70 μm an Stellen mit Zellanhäufungen ; Differenzierung in zwei Schichten: eine pseudoparenchymatische Außenschicht aus 6 - 9 Lagen angulärer Zellen, mit bräunlich bis ocker gefärbten, bis 1 μm dicken Wänden und eine plectenchymatische Innenschicht aus 2 - 6 Hyphenlagen, mit meist hyalinen, unverdickten Wänden (s.Längsschnitt Taf. 6 e).

Maße der angulären Zellen der äußeren Schicht: tangential (5)10 - 22(26) μm , radial (2)4 - 11(14) μm .

Maße der hyphigen Zellen der inneren Schicht: tangential 2 - 5(11) μm , radial 1,5 - 6(10) μm .

Wurzelhaubenderivate in der innersten Mantelschicht, sichelförmig langgezogen, 1 - 2 μm dick.

Tanninzellen: Anzahl der Reihen 1 - 2 (3); tangential-oval bis halbmondförmig; Größe tangential 23 - 35 (50) μm , radial (2)3 - 15(20) μm . TCt = 30,3 μm ; TCq = 3,1.

Rindenzellen: Anzahl der Reihen (incl.Tanninzellen), 5 - 6; tangential rundlich-oval; Größe tangential (12)15 - 30 (33) μm , radial (7)14 - 25(36) μm . CCt = 23,5 μm ; CCq = 1,2.

Hartigsches Netz: Dicke incl. Restzellwände um Tanninzellen: (2)4 - 5(7) μm ; um Rindenzellen: 2 - 3 μm . Anzahl der Hyphenreihen um Tanninzellen: 1 - 2; um Rindenzellen: 1. Hauptform der Hyphenzellen um Tannin- und Rindenzellen: rund - oval. Hartigsches Netz 3 - 4 Rindenzellschichten (incl. Tanninzellen) tief.

Vom Hartigschen Netz aus mehrfach intrazelluläre Infektionen: Rindenzellen von hyalinen, 1,5 - 4 μm dicken, einfach septierten Hyphen durchwachsen (s. Längsschnitt Abb.4 c - f) und z.T. auch mit Tannineinlagerungen (s. Längsschnitt Abb.4 g, h).

Anatomie im Längsschnitt (Abb.10 a - h; Taf. 6 e - g)

Mantelschichtung dem Querschnitt entsprechend.

Maße der angulären Zellen der äußeren Schicht: tangential (4)7 - 17(19) μm , radial (2)4 - 11(14) μm .

Maße der hyphigen Zellen der inneren Schicht: tangential (2)3 - 6(8) μm , radial 1,5 - 6(10) μm .

Zellanhäufungen in regelmäßigen Abständen auf der Mantelaußenseite; Durchmesser bis 60 μm ; einzelne Zellen oval

oder etwas zusammengedrückt (Abb.10 a; Taf.6 g).

Tanninzellen tangential schmal langgestreckt oder unregelmäßig rechteckig, Größe tangential (20)30 - 80(110) μm , radial (2)3 - 15(20) μm . Tct = 53,1 μm ; TCq = 7,5.

Rindenzellen tangential rechteckig bis oval; Größe tangential 45 - 120(130) μm , radial (7)14 - 25(36) μm . CCT = 75,6 μm ; CCq = 3,7.

Mykorrhizenspitze: Dicke des Mantels 30 - 40(50) μm , Schichtung wie für Längsschnitt dargestellt, Zellen etwas kleiner.

Farbreaktionen des Mantels mit verschiedenen Reagentien:

Äthanol 70%: ---; Anilin: ---; Baumwollblau: Wände grünbraun; Brillantkresylblau: Wände violett; Eisensulfat: ---; Formol 40%: ---; Guajak: Wände dunkelbraun; Kalilauge 15%: Wände grünlich, gesamt oliv; Melzers Reagens: ---; Milchsäure: Wände bräunlich - ocker; Phenol: Wände olivbraun; Rutheniumrot: ---; Säurefuchsin: Wände braun, gesamt rötlichbraun; Sulfovanillin: Wände violett, gesamt bräunlichgrün;

Autofluoreszenz:

Ganze Mykorrhizen: 254 nm: ---; 366 nm: ---;

Querschnitte: UV Filter 340 - 380 nm: ---;

Blaufilter 450 - 490 nm: ---;

Kernfärbung (KES) (Taf.5 d)

Pseudoparenchymatische Außenschicht des Mantels mit ein bis zwei, runden Kernen pro Zelle; Durchmesser (2,5)3 - 4 μm ; plectenchymatische Mantelinnenseite und abziehende Hyphen mit zwei bis drei, runden Kernen pro Zelle, Durchmesser 1,5 - 2 μm ;

Untersuchtes Material:

Referenzbeleg;

Weiteres Material:

Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese;

a) mit Belegen: A1, 9.10.86 (in M); C1, 15.7.86 (in M); B1, 11.7.85 (in M); B2, 29.10.86 (in M);

b) ohne Belege: B1 1.4.86; B1 19.6.86; B1 9.10.86; B1 29.10.86; B2, 11.7.85; B2 12.10.85; B2 31.10.85; B2 27.8.86; B2 16.9.86; B2 9.10.86.

Bezüglich Beschreibungen von Piceirhiza nigra in der Literatur s. S. 174.

Wichtigste Unterscheidungsmerkmale von *Piceirhiza nigra* und *Piceirhiza obscura*.

(s. auch Punkt III.2.1; Abgrenzung von *Cenococcum geophilum* und *Piceirhiza bicolorata*).

Trotz wiederholter Untersuchungen konnten *Piceirhiza nigra* und *Piceirhiza obscura* vom Habitus her nicht unterschieden werden. Beide sind schwarzbraun, mit körnig-warziger Oberflächenstruktur und von relativ starren, dicken Hyphen umhüllt.

Mikroskopisch fallen die angulären Manteloberflächenzellen von *Piceirhiza nigra*, im Gegensatz zu der epidermoiden Manteloberfläche von *Piceirhiza obscura* auf. Die in regelmäßigen Abständen aufgelagerten Zellanhäufungen bestehen bei *Piceirhiza nigra* aus runden bis ovalen Hyphenzellen, bei *Piceirhiza obscura* ist in Aufsicht keine definierte Zellstruktur erkennbar.

Die Hyphen der plectenchymatischen Mantelinnenfläche haben bei *Piceirhiza nigra* einen Durchmesser von 2,5 - 5,5 μm und tragen Schnallen; bei *Piceirhiza obscura* tritt ein konstanter Durchmesser von 4 - 5 μm auf und nur einfache Septen.

Die abziehenden Hyphen von *Piceirhiza nigra* besitzen ebenfalls in regelmäßigen Abständen Schnallen, dazwischen einfache Septen, die von *Piceirhiza obscura* immer nur einfache Septen und der Hyphendurchmesser ist größer (2,5 - 10 μm im Vergleich zu 2,5 - 5,5 μm), braune warzige Auflagerungen sind häufig.

LEGENDE zu Abb.7 - 10.

Abb.7 - *Piceirhiza nigra* - (a - c) Habitus; (d) Mantelaufsicht mit Anhäufungen runder Zellen; (e) Mantelaufsicht ohne Zellanhäufungen (ältere Mykorrhiza), linke Seite dreidimensional dargestellt, mit darunterliegenden Schichten; (f) Mantelinnenfläche, Hyphen z.T. mit Schnallen; (g) mittlere Mantelschicht, Übergang Pseudoparenchym/Plectenchym. Alle Abbildungen von B1, 11.7.85.

Abb.8 - Piceirhiza nigra - (a - g) Enden der abziehenden Hyphen; (a) dickwandige Hyphe; (b) dickwandige Hyphen mit dünnwandigen Enden (s. Pfeil); (c) dünnwandiges, geschlängelttes Hyphenende aus dickwandiger Hyphe auswachsend (s. Pfeil); (d) seitlich auswachsende Hyphe (s. Pfeil); (e, g) nach Septum Übergang zu dünnen hyalinen Wänden; (h) seitlich auswachsende; dünnwandige Hyphe und apikal auswachsende, dickwandige, intrahyphale Hyphe (s. Pfeil); (i) intrahyphale Hyphe, vom Septum her einwachsend; (j) abziehende Hyphen mit Basalzellen. Alle Abbildungen von B1, 11.7.85.

Abb.9 - Piceirhiza nigra - (a - h) abziehende Hyphen; (a) mit einfachen Septen und Schnallen, verschiedene Wandstärken; (b) mit stark verdickten Wänden und seitlich auswachsender intrahyphaler Hyphe; (c - e) verschiedene Verzweigungsarten; (c) Hyphenlumen sehr klein, Septen verdickt; (d) Septum in Auflösung; (e) einfache Septen dünn; (f) seitlich auswachsende, geschlängelte, intrahyphale Hyphe (s. Pfeil); (g) Hyphe mit selten vorkommenden, warzigen, braunen Auflagerungen; (h) dicht nebeneinanderliegende, einheitliche abziehende Hyphen; (i, j) papillenförmige Zellen auf Manteloberseite; (k) Längsschnitt mit Cystiden; (l) Manteloberflächenzelle mit auswachsenden Hyphen. Alle Abbildungen von B1, 11.7.85.

Abb.10 - Piceirhiza nigra - (a - h) Längsschnitte; (a) Zellanhäufungen auf Manteloberfläche; (b) Hartigsches Netz (HN) auf Rindenzelle (Riz); (c, f) intrazelluläre Hyphe (izH) vom Hartigschen Netz in Rindenzelle einwachsend; (d) Einstülpung des Hartigschen Netzes in Rindenzelle; (e) Durchwachsung der Rindenzelle durch Hyphe des Hartigschen Netzes (g). Tanninanlagerungen (T) in den Rindenzellen; (h) Tanninsubstanzen in der innersten Rindenzellschicht (iRiz). Alle Abbildungen von B1, 11.7.85.

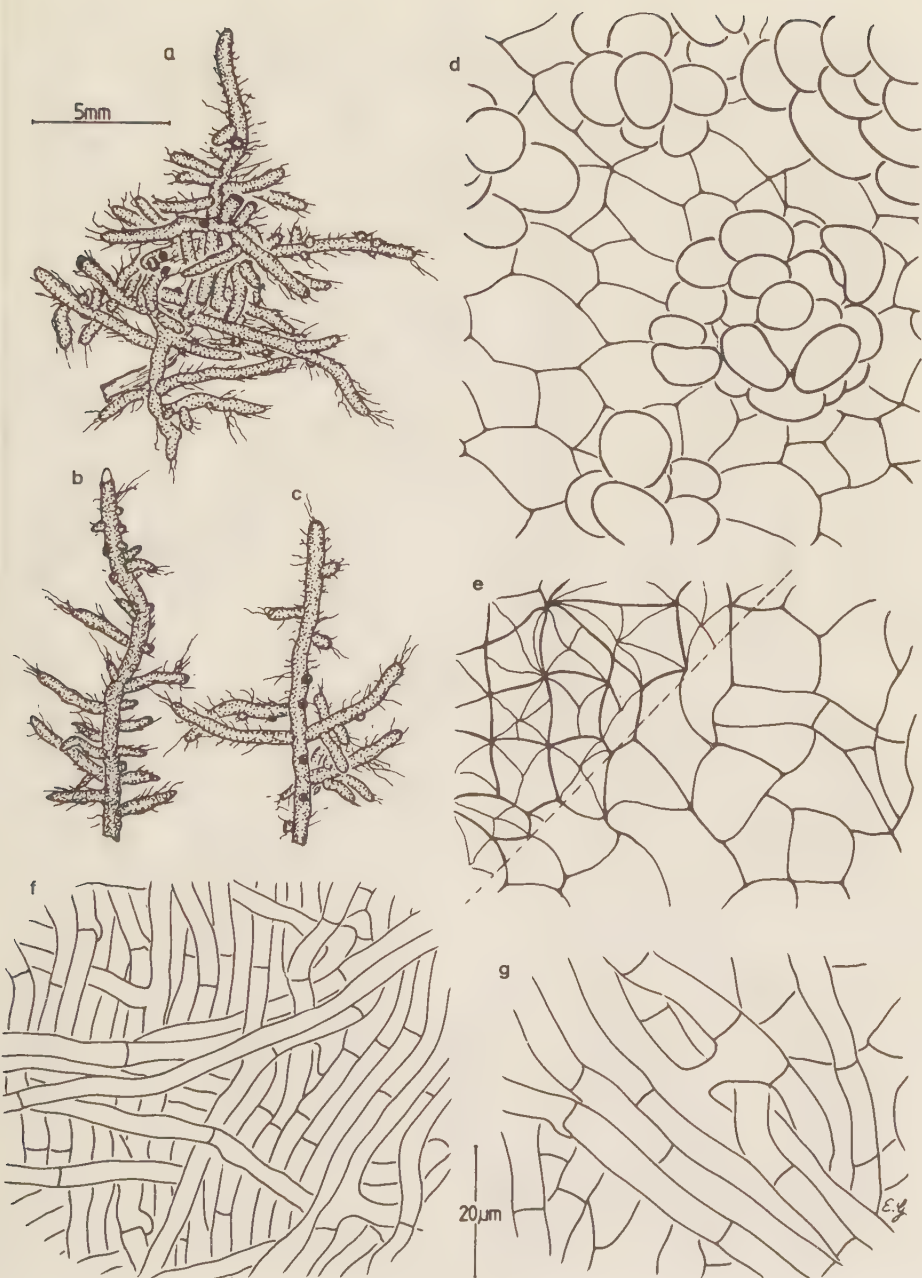


Abb.7 - Piceirhiza nigra

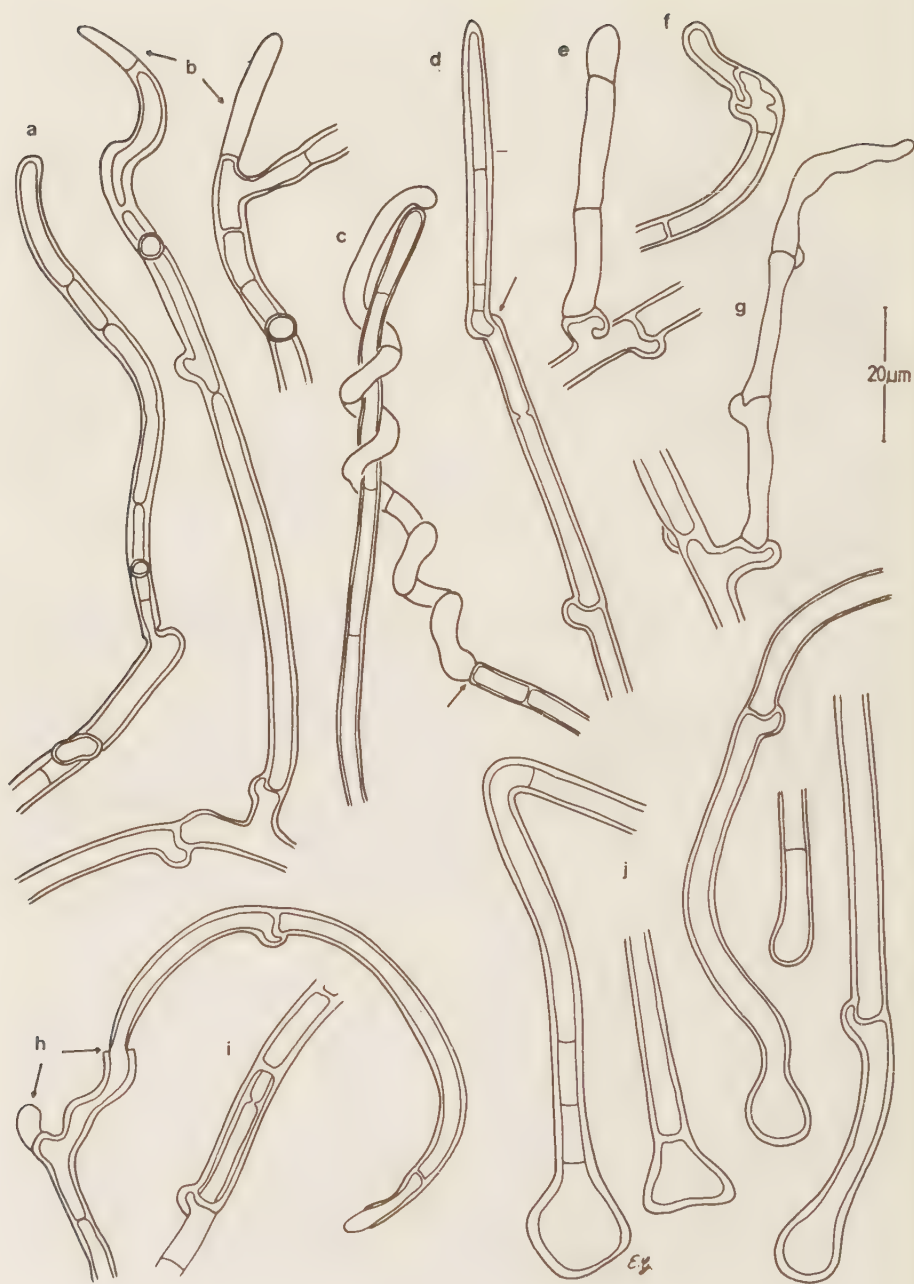


Abb.8 - *Piceirhiza nigra*



Abb.9 - *Piceirhiza nigra*

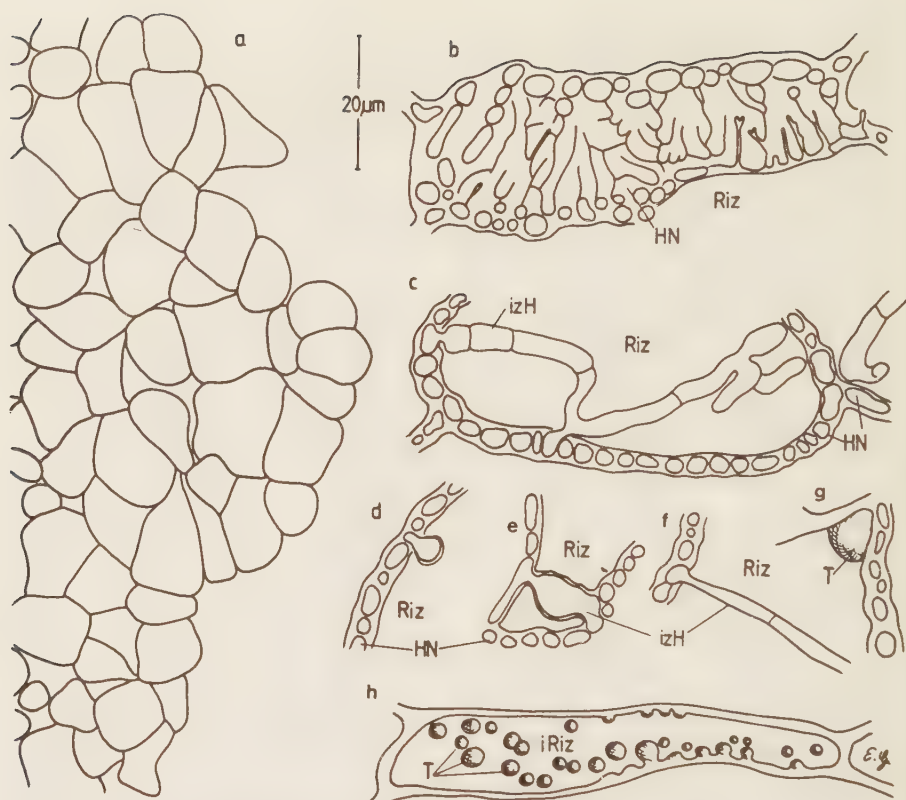


Abb.10 - *Piceirhiza nigra*

2.4. Piceirhiza obscura * (Taf. 7 u. 8)

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese: Fläche B2, 22.4.85, leg. E.Gronbach (M).

Habitus (Abb.11 a u. b)

Verzweigung unregelmäßig monopodial bis monopodial-pinnat, manchmal unverzweigte einzelne Mykorrhizen von der Wurzel wegwachsend; Hauptachse und Seitenäste gerade oder leicht gekrümmt; Seitenenden stumpf, etwas keulig verdickt; Hauptachse bei älteren Mykorrhizen mit unvollständigem Hyphenmantel (Abb.11 b).

Länge des Verzweigungssystems 1,6 - 25 mm; Länge der unverzweigten Seitenenden bis 6 mm; Durchmesser der Achsen 0,3 - 0,6 mm; Durchmesser der Seitenenden 0,2 - 0,4 mm.

Seitenenden braun bis schwarzbraun, Farbe der unmittelbaren Spitzen schwarzbraun bis hellbraun; ältere Mykorrhizen schwarz.

Manteloberfläche glänzend, körnig-warzig, Mykorrhiza von abziehenden Hyphen locker umhüllt; Rindenzellen nicht durchscheinend. Manteloberfläche älterer Exemplare matt, körnig-warzige Struktur kaum wahrnehmbar, wenige abziehende Hyphen.

Rhizomorphen: keine auffindbar.

Abziehende Hyphen bei jüngeren Mykorrhizen dicht, starr, relativ dick und stabil, gerade oder geschlängelt, wenig verzweigt; Farbe schwarzbraun, bräunlich oder selten hyalin.

Mikroskopische Merkmale

Anatomie des Mantels in Flächenansicht (Abb.11 c - f; Taf. 7 a - d).

Manteloberfläche (Abb.11 c, d; Taf.7 a) pseudoparenchymatisch; einzelne Zellen epidermoid; Anzahl der Zellen in $20 \times 20 \mu\text{m}$: 3 - 5(8).

Zellwand braun bis hellbraun, Dicke ca. $0,5 \mu\text{m}$. Übergang zu abziehenden Hyphen mit oder ohne Septum.

Manteloberfläche mit vereinzelt auftretenden, schwarzen, kristalloiden Ablagerungen und mit rundlichen, dunklen Flecken in regelmäßigen Abständen (definierte Zellstruktur erst im Längsschnitt erkennbar); Durchmesser 15 - $50 \mu\text{m}$; Abstände von 10 - $40 \mu\text{m}$.

*) Etymologie: obscura (lat.) = dunkel, bezieht sich auf die Farbe der Mykorrhiza.

Tieferliegende Mantelschichten pseudoparenchymatisch; Zellen epidermoid, teilweise Übergang zu Plectenchym, keine klaren Zellgrenzen erkennbar.

Mantelinnenfläche dicht plectenchymatisch (Abb.11 e, f; Taf.7 d) Hyphen über längere Strecken hinweg parallel verlaufend; einfache Septen, oft doliporusähnliche Strukturen erkennbar, Septenabstände 5 - 60 μm ; Hyphendurchmesser 4 - 5 μm . Zellwände unverdickt, Farbe bräunlich bis hyalin.

Oberfläche der Mykorrhizenspitze dicht pseudoparenchymatisch, Struktur wie übrige Manteloberfläche, Zellen etwas kleiner, Anzahl in 20 x 20 μm : 4 - 10.

Von der Manteloberfläche abziehende Elemente (Abb.12 a - l; Taf.8 a - g).

Abziehende Hyphen aus den Zellen des Pseudoparenchyms wachsend, manchmal durch Septen von der Basalzelle getrennt (Abb.12 e, f, g; Taf.8 b). Hyphendurchmesser: 2,5 - 10 μm , Wandstärke bis 2 μm , Farbe hellbraun oder hyalin, Wände meist dicht mit braunen, warzigen Auflagerungen (1 - 2 pro 1 x 1 μm) besetzt; innerhalb und auf Hyphenwänden manchmal schwarze, kristalloide Auflagerungen (wie Mantelaußenseite, Abb.12 e, g, h; Taf.8 f, g).

Septenabstände unregelmäßig (20 - 200 μm), Septen einfach, manchmal bis 2 μm verdickt, oder sich von der Mitte her auflösend (Abb.12 b, h, k).

Hyphen wenig verzweigt, nur Enden oft gabelig verzweigt, geschlängelt, hyalin und ohne Warzen (Abb.12 a - d).

Basalzelle unregelmäßig gestaltet, bis 22 μm im Durchmesser (Abb.12 e - g).

Hyphen manchmal mit seitlich oder apikal auswachsenden, dünnwandigen, hyalinen und glatten intrahyphalen Hyphen (Abb.12 d, l)

Cystiden (Abb.13 b; Taf.8 a) relativ selten; schmal, länglich, spitz zulaufend, schräg aus der Basalzelle herauswachsend, bis 7 μm im Durchmesser, Länge 25 - 80 μm , 1 - 2 zellig, Wände bis 2 μm dick, bräunlich. Basalzelle z.T. verbreitert, max. 30 μm gefunden.

Anatomie im Querschnitt

Manteldicke 30 - 40(50) μm ; 50 μm an Stellen mit Zellanhäufungen; Differenzierung des Mantels in zwei Schichten: eine pseudoparenchymatische Außenschicht aus 5 - 9 Lagen rechteckiger bis länglich-ovaler Zellen, mit braunen bis hellbraunen, 0,5 μm dicken Zellwänden.

eine plectenchymatische Innenschicht aus 2 - 5 Hyphenlagen, Wände unverdickt, bräunlich bis hyalin. .

Maße der pseudoparenchymatischen Zellen der äußersten Zell-Lagen: tangential (4) 5 - 20 (22) μm , radial 2 - 7 (10) μm .

Maße der pseudoparenchymatischen Zellen der mittleren Zell-Lagen: tangential (3) 4 - 11 μm , radial 2 - 6 (7) μm .

Maße der plectenchymatischen Zellen der inneren Schicht: tangential 3 - 9 (17) μm , radial 2 - 5 (15) μm .

Wurzelhaubenderivate in der innersten Mantelschicht sichelförmig, langgezogen, 1 - 2 μm dick.

Tanninzellen: Anzahl der Reihen 1 - 2; tangential dünn, langgestreckt bis oval; Größe tangential (27) 40 - 80 μm , radial (5) 6 - 22 (32) μm . TCt = 50,7 μm ; TCq = 3,2.

Rindenzellen: Anzahl der Reihen (incl. Tanninzellen) 4 - 6; tangential-oval; Größe tangential (16) 30 - 50 μm , radial (10) 13 - 40 (43) μm . CCt = 36,4 μm ; CCq = 1,5.

Hartigsches Netz: Dicke incl. Restzellwände um Tanninzellen: 3 - 10 μm , um Rindenzellen: 2 - 6 μm . Anzahl der Hyphenreihen um Tanninzellen: 1 - 2, um Rindenzellen: 1. Hauptform der Hyphenzellen um Tannin- und Rindenzellen: rund - oval. Hartigsches Netz 2 - 3 Rindenzellschichten (incl. Tanninzellen) tief.

Hartigsches Netz blasige Einstülpungen in die Rindenzellen bildend (s. Längsschnitt Abb. 13 d).

Anatomie im Längsschnitt (Abb. 13 a - d; Taf. 7 e, f; Taf. 8 a, b, h;)

Mantelschichtung dem Querschnitt entsprechend.

Maße der Zellen der äußersten Schicht: tangential (3) 5 - 20 (43) μm , radial 2 - 7 (10) μm .

Maße der Zellen der mittleren Schicht: tangential (2) 5 - 18 (25) μm , radial 2 - 6 (7) μm .

Maße der hyphigen Zellen der innersten Schicht: tangential (1) 2 - 7 (27) μm , radial 2 - 5 (15) μm .

Mittlere Zellschicht oft mit plectenchymatischen und pseudoparenchymatischen Zellen nebeneinander.

Dunkle Flecken (Durchmesser 15 - 50 μm , Höhe bis 25 μm), der Mantelaußenseite im Längsschnitt als Anhäufungen kollabierter Zellen erkennbar; Zellen tangential langgestreckt, schmal-oval bis rechteckig, ein mauerartiges Muster bildend (Abb. 13 a; Taf. 7 e).

Tanninzellen tangential langgestreckt, rechteckig - oval; Größe tangential 40 - 110 μm , radial (5) 6 - 22 (32) μm . TCt = 66,2 μm ; TCq = 3,9.

Rindenzellen tangential unregelmäßig rechteckig bis oval; Größe tangential (30) 40 - 100 (110) μm , radial (10) 13 -

40(43) μm . CCT = 76,4 μm ; CCq = 3,1.

Mykorrhizenspitze: Dicke des Mantels bis 35 μm , Schichtung wie für Längsschnitt dargestellt, Zellen etwas kleiner und mit geringerer Wandstärke (Taf.7 f).

Farbreaktionen des Mantels mit verschiedenen Reagentien:

Äthanol 70%: ---; Anilin: ---; Baumwollblau: Wände grünbraun; Brillantkresylblau: Wände violett; Eisensulfat: ---; Formol 40%: ---; Guajak: Wände dunkelbraun; Kalilauge 15%: Wände grünlich, gesamt oliv; Melzers Reagens: ---; Milchsäure: Wände braun - hellbraun; Phenol: Wände olivbraun; Rutheniumrot: ---; Säurefuchsin: gesamt rötlichbraun; Sulfovanillin: Wände violett, gesamt bräunlichgrün.

Autofluoreszenz:

Ganze Mykorrhizen: 254 nm: ---; 366 nm: ---;

Querschnitte: UV Filter 340 - 380 nm: ---;

Blaufilter 450 - 490 nm: Mantel schwach orangebraun;

Kernfärbung (KES) (Taf.7 c, 8 e)

Pseudoparenchymatische Außenschicht des Mantels mit einem runden Kern pro Zelle, Durchmesser 2 - 3(5) μm ; Hyphen der Mantelinnenseite mit einzelnen Kernen, 1 - 1,5 μm im Durchmesser, manchmal auch zwei nebeneinanderliegend; abziehende Hyphen mit einem bis mehreren, regelmäßig verteilten Kernen pro Zelle, 2 - 3 (4) μm im Durchmesser.

Untersuchtes Material

Referenzbeleg;

Weiteres Material:

Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese;

a) mit Belegen: C1, 15.7.86, 27.8.86 u. 9.10.86 (in M); B1, 11.7.85 u. 9.10.86 (in M); B2, 13.6.85 u. 9.10.86 (in M).

b) ohne Belege: C1, 29.10.86; B1, 1.4.86; B1 8.4.86; B1 16.9.86; B2, 11.7.85; B2 12.9.85; B2 12.10.85; B2 29.10.86.

Wichtigste Unterscheidungsmerkmale von *Piceirhiza nigra* und *Piceirhiza obscura* s. S. 39.

LEGENDE zu Abb.11 - 13.

Abb.11 - Piceirhiza obscura - (a, b) Habitus, Hauptachse nur z.T. von Hyphenmantel umgeben; (c, d) verschiedene Mantelaufsichten mit epidermoiden Zellen und Ansatzstellen der abziehenden Hyphen; (e, f) plectechymatische Mantelinnenansichten mit doliporusähnlichen Strukturen. Alle Abbildungen von B2, 22.4.85.

Abb.12 - Piceirhiza obscura - (a - d) Enden der abziehenden Hyphen; (a) dünnwandig, gewunden; (b, c) gabelig verzweigt; (d) von intrahyphaler, auswachsender Hyphe gebildet; (e - g) abziehende Hyphen mit Basalzellen; (e) mit dunklen Einlagerungen in der Hyphenwand; (g) mit feinen, braunen, warzigen Auflagerungen; (h) Hyphe mit warzigen Auflagerungen und dunklen Anlagerungen an der Wandinnen-seite; (i) dickwandige Hyphe; (j, k, l) Verzweigungsstellen; (j) Aufsicht auf Hyphenwand; (k) sich auflösendes Septum (s. Pfeil); (l) glatte, hyaline Hyphe seitlich aus warziger, brauner Hyphe auswachsend. Alle Abbildungen von B2, 22.4.85.

Abb.13 - Piceirhiza obscura - (a - d) Längsschnitt; (a) Anhäufungen kollabierter Zellen auf Manteloberfläche; (b) ein- und zweizellige Cystiden; (c) Hartigsches Netz (HN) auf Rindenzelle (Riz); (d) blasige Einstülpungen des Hartigschen Netzes in die Rindenzelle. Alle Abbildungen von B2, 22.4.85.

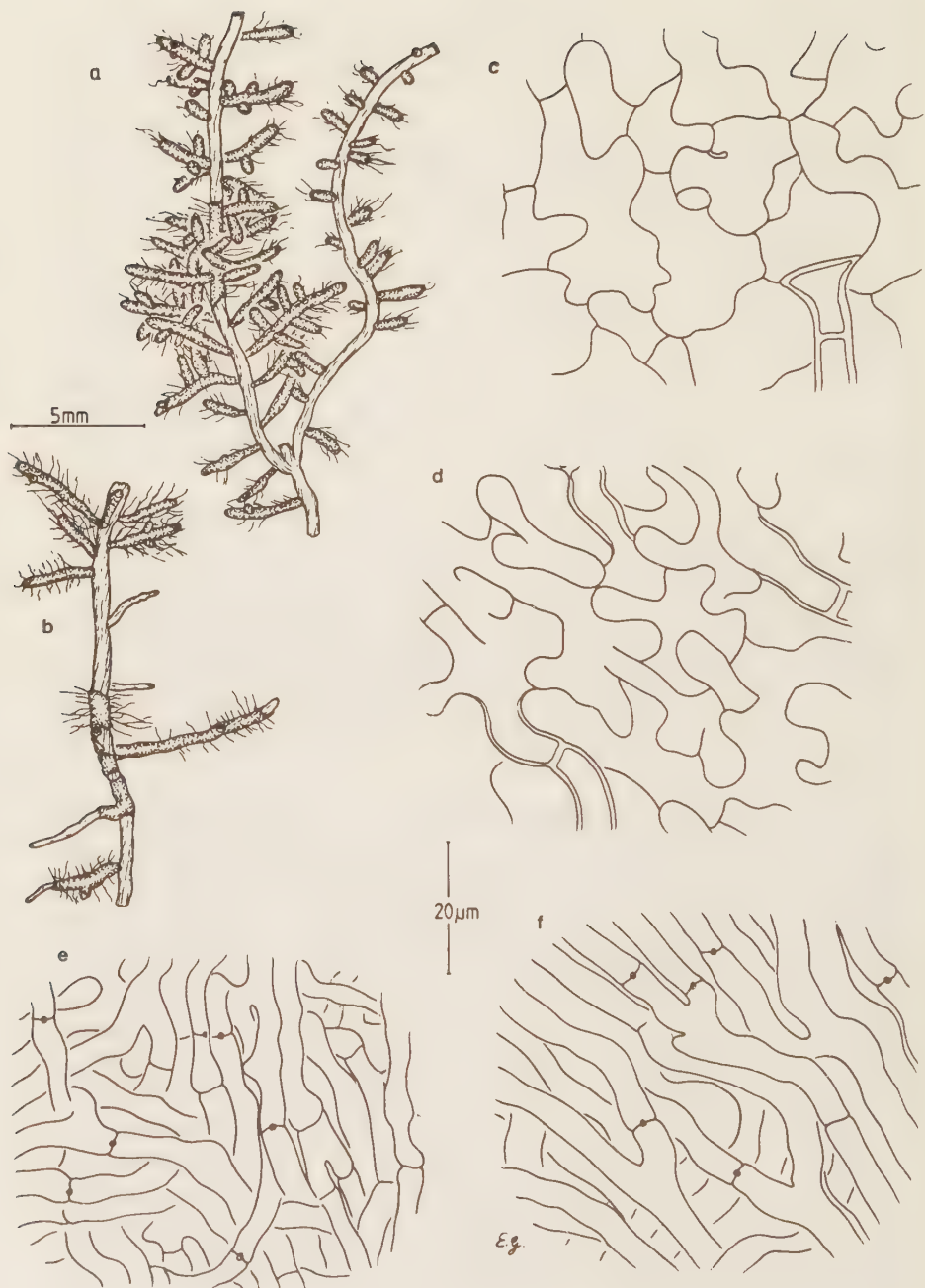


Abb.11 - *Piceirhiza obscura*



Abb.12 - *Piceirhiza obscura*

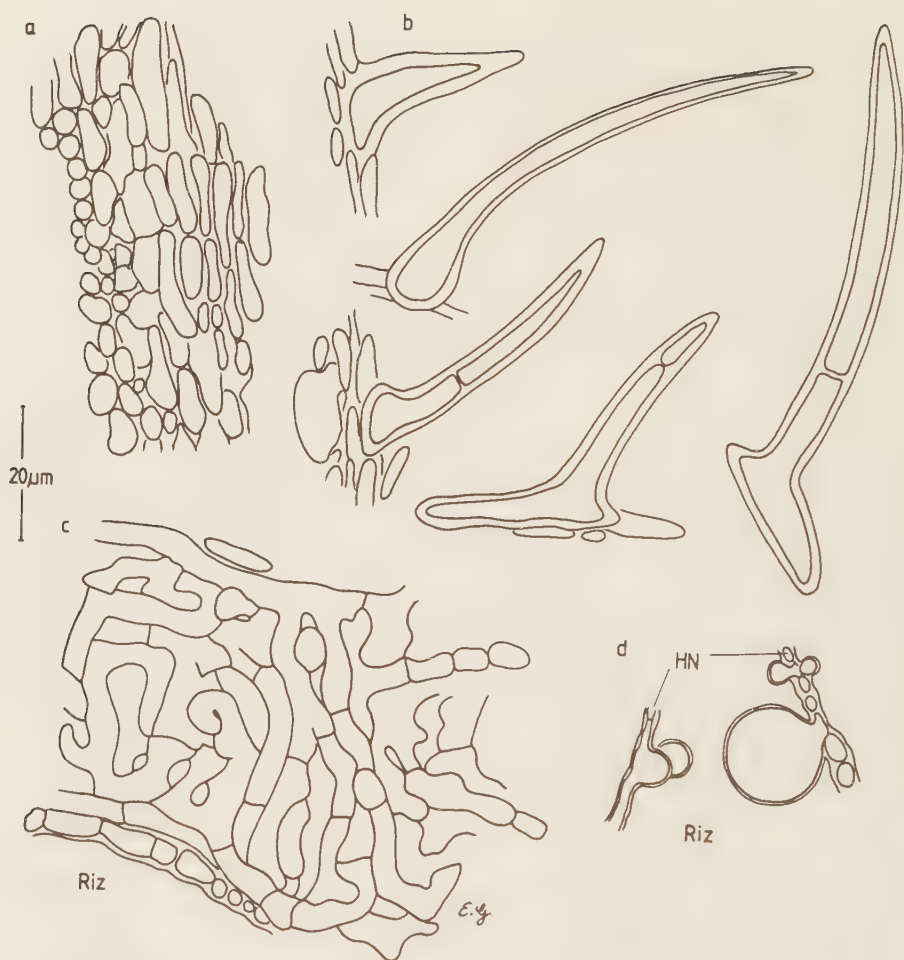


Abb.13 - *Piceirhiza obscura*

2.5 Piceirhiza gelatinosa*) (Kurzbeschreibung)

Piceirhiza gelatinosa wurde bereits ausführlich von GRONBACH & AGERER (1986) beschrieben.

Eine eindeutige Charakterisierung von Piceirhiza gelatinosa ist schon mit wenigen, folgenden Merkmalen möglich:

Habitus

Mykorrhiza immer unverzweigt, in der Mitte leicht keulig angeschwollen; jung weiß oder blaß gelb, ältere Exemplare gelblich bis ockerfarben; Manteloberfläche glatt, wachsartig, manchmal mit wenigen, kurzen abziehenden Hyphen, ohne Rhizomorphen.

Mikroskopische Merkmale

Gesamter Mantel locker plectenchymatisch, Hyphenwände gelatinös verquollen, Lumen der Hyphen 2 - 3(4) μm ; Hyphen in innerster Mantelschicht ein spiralisches bis labyrinthisches Muster bildend.

Abziehende Hyphen 2 - 3(4) μm im Durchmesser, vereinzelt mit Schnallen.

Anatomie im Quer- bzw. Längsschnitt

Manteldicke 45 - 70 μm ; Zell-Lumen der Hyphen in weiten Abständen, dazwischen gelatinöse Matrix.

4 - 5 Reihen von Rindenzellen (incl. Tanninzellen); Restzellwände der Rindenzellen häufig verdickt, z.T. auch aufgelöst; innere Rindenzellen meist mit einzelnen oder mehreren hohlkugelartigen Tanninan- und Einlagerungen und vom Hartigschen Netz aus einwachsenden intrazellulären Hyphen.

Hartigsches Netz um Tanninzellen einzellreihig, um Rindenzellen (1)2 - 5(7) reihig; durchwegs bis zur Endodermis vordringend.

Bezüglich Beschreibungen von Piceirhiza gelatinosa in der Literatur s. S. 175.

*) Etymologie: gelatinosa (lat.) = gallertartig, bezieht sich auf die verquollenen Hyphenwände des Mantels.

2.6. Cortinarius obtusus Fr. (Taf.9 u. 10)

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, leg. R. Agerer 9.X.84; Fruchtkörper und Mykorrhiza Herb. RA 10766 (in M).

Habitus (Abb.14 a - c)

Verzweigung unregelmäßig monopodial-pyramidal (Abb.14 b) oder Seitenäste nach einer Seite gebogen - Eindruck einer sympodialen Verzweigung entstehend (Abb.14 a) - ; Hauptachse und Seitenäste stark gebogen. Länge des Verzweigungssystems 4 - 16 mm; Länge der unverzweigten Seitenenden bis 4 mm; Durchmesser der Hauptachse 0,4 mm - 0,6 mm; Durchmesser der Seitenenden 0,4 mm - 0,5 mm.

Gesamte Mykorrhiza weiß, Rindenzellen nicht durchscheinend. Manteloberfläche glänzend (tw. silbrig durch Luft einschlüsse), von locker strähnig abziehenden Hyphen umhüllt, diese streckenweise zu lockeren Rhizomorphen gebündelt, dann z.T. wieder aufgefächert (Abb.14 c).

Mikroskopische Merkmale

Anatomie des Mantels in Flächenansicht (Abb.14 d - f; 15 a - c; Taf.9 a - g)

Hyphen des Mantels alle mit 1 - 2 μm großen, doliporus-ähnlichen Strukturen (Abb.14 d, e, 15 b).

Manteloberfläche locker, selten dicht plectenchymatisch, mit gabelig verzweigten, kreuz und quer verlaufenden Hyphen (Abb.14 d, e; Taf.9 a - c). Anastomosen mit Kontaktschnallen, sehr selten einfach, ohne Septum (Abb.14 d). Alle Hyphen mit Schnallen; Hyphendurchmesser (3) 4,5 - 6 μm , Wände hyalin, unverdickt, Schnallenabstände 10 - 100 μm .

Tieferliegende Mantelschichten dicht plectenchymatisch; Hyphen mehrfach verzweigt, mit einfachen Anastomosen ohne Septum; an Hyphen keine Schnallen auffindbar (Abb.14 f). Hyphendurchmesser 4 - 6 μm , Wände hyalin, unverdickt, Septenabstände 10 - 100 μm .

Mantelinnenfläche dicht plectenchymatisch; Hyphen kreuz und quer (Abb.15 a; Taf.9 d, e) oder parallel (Abb.15 b) verlaufend, manchmal durch starke Verflechtung fast pseudoparenchymatisch aussehend (Abb.15 c). Hyphen mit einfachen Anastomosen ohne Septum; an Hyphen keine Schnallen auffindbar; Hyphendurchmesser 4 - 6 μm , Wände unverdickt, hyalin, Septenabstände 10 - 100 μm .

Hyphen des Hartigschen Netzes auf Tanninzellen mit doliporusähnlichen Strukturen (Abb.15 d).

Oberfläche der Mykorrhizenspitze (Taf.14 f) wie übrige Manteloberfläche.

Von der Manteloberfläche abziehende Elemente (Abb.15 e-h; 16 a - j; Taf.10 c - g).

Abziehende Hyphen und Rhizomorphen mit 1 - 2(3) μm großen, doliporusähnlichen Strukturen; Alle Hyphen mit Schnallen, nur einmal ein einfaches Septum gefunden (Abb.16 i). Übergang Mantelhyphen/abziehende Hyphen kontinuierlich. Hyphen mehrfach gabelig verzweigt (Abb.15 f; 16 e - g), durch Anastomosen mit Kontaktschnallen untereinander verbunden (Abb.15 h; Taf.10 d), nur einmal einfache Anastomose ohne Septum gefunden (Abb.16 b); Hyphendurchmesser (3)4 - 5(6,5) μm , Wände unverdickt, hyalin, Schnallenabstände (20)60 - 130 μm .

Rhizomorphen: gebündelte abziehende Hyphen ohne klare Abgrenzung; Verzweigung durch Auffächerung (Abb.16 a; Taf.10 c, e).

Anatomie im Querschnitt (Taf.10 a)

Manteldicke 20 - 40 μm (80 μm wenn abziehende Hyphen aufliegen); alle Zell-Lagen plectenchymatisch mit rundlichen bis ovalen Zellen.

Maße der Zellen der äußeren Lagen: tangential 3 - 35 μm , radial 3 - 6 μm .

Maße der Zellen der mittleren und inneren Lagen: tangential 3 - 20 μm , radial 2 - 6 μm .

Wurzelhaubenderivate im innersten Mantelbereich schmal, langgestreckt.

Tanninzellen: Anzahl der Reihen: 1 - 2; tangential schmal, langgestreckt; Größe tangential 25 - 50(55) μm , radial 4 - 10(20) μm ; Tct = 45,7 μm ; TCq = 5,7.

Rindenzellen: Anzahl der Reihen (incl. Tanninzellen): 4 - 5; tangential schmal, oval; Größe tangential (15)20 - 35 (55) μm , radial 10 - 30(35) μm . CCT = 28,6 μm ; CCq = 1,7.

Hartigisches Netz; Dicke incl. Restzellwände um Tanninzellen: 2 - 12(15) μm , um Rindenzellen: 2 - 5 μm ; Anzahl der Hyphenreihen um Tanninzellen: 1 - 3, um Rindenzellen: 1. Hauptform der Hyphenzellen um Tannin- und Rindenzellen: rund bis oval. Einzelne Hyphen um Tanninzellen bis 12 μm im Durchmesser. Hartigisches Netz 3 Rindenzellschichten (incl. Tanninzellen) tief.

Endodermiszellen auffällig groß; tangential bis 30 μm , radial bis 20 μm .

Anatomie im Längsschnitt (Taf.10 b)

Mantelschichtung dem Querschnitt entsprechend; Zellen rund bis tangential-oval.

Maße der Zellen der äußeren Lagen: tangential 3 - 40 μm , radial 2 - 6 μm .

Maße der Zellen der mittleren und inneren Lagen: tangential 2 - 35 μm , radial 2 - 6 μm .

Tanninzellen tangential schmal, langgestreckt; Größe tangential (20)40 - 80(90) μm , radial 4 - 10(20) μm ; Tct = 53 μm ; TCq = 6,6.

Rindenzellen tangential schmal, oval; Größe tangential (30) 45 - 100 (110) μm , radial 10 - 30(35) μm ; CCt = 74,2 μm ; CCq = 2,8.

Mykorrhizenspitze: Manteldicke und -aufbau wie für Längsschnitt dargestellt.

Farbreaktionen des Mantels mit verschiedenen Reagentien:

Äthanol 70%: ---; Anilin: ---; Baumwollblau: Wände grau-blau; Brillantkresylblau: Cytoplasma leicht violett; Eisensulfat: ---; Guajak: ---; Kalilauge 15%: ---; Melzers Reagens: Wände gelbgrün; Milchsäure: ---; Phenol: ---; Säurefuchsin: ---; Sulfovanillin: Wände hellgelb.

Autofluoreszenz:

Ganze Mykorrhiza: 254 nm:---; 366 nm:---;

Querschnitte: UV Filter 340 - 380 nm: Mantel schwach blau-grün; Blaufilter 450 - 490 nm: Mantel schwach ocker bis gelbgrün.

Kernfärbung (KES)

Mantel: 1 Kern (Durchmesser 1,5 - 2 μm) oder 1 Kernpaar pro Zelle, Abstand 1 μm oder weniger (Durchmesser der einzelnen Kerne 2 - 3 μm).

Abziehende Hyphen: 2 oder mehrere Kerne pro Zelle (Durchmesser 1,5 - 2 μm) oder Kernpaare (eng zusammenliegend, Durchmesser 2 μm). Kontaktschnallen häufig mit einzelnen, 2 - 3 μm großen Kernen

Identifizierung

Die Identifizierung erfolgte durch den Vergleich mit der von AGERER (Referenzbeleg RA 10766, in M) gefundenen Ektomykorrhiza von Cortinarius obtusus Fr.

Untersuchtes Material:

Referenzbeleg;

Weiteres Material:

Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt.Ottlerwiese;

- a) mit Belegen: A1, 19.6.86 (in M; wurde für obenstehende Beschreibung verwendet); A1, 9.10.84 (in M); C1, 1.4.86 (in M); B2, 19.6.86 (in M).
- b) ohne Belege: A1, 19.10.84; A1, 21.4.86; C1, 21.4.86; C1, 16.9.86; B2, 21.4.86.

Bezüglich Beschreibungen von Ektomykorrhizen der Gattung Cortinarius in der Literatur s. S. 175.

Wichtigste Merkmale der Ektomykorrhiza von Cortinarius obtusus

Die Mykorrhiza von Cortinarius obtusus kann anhand weniger Merkmale von den anderen weißen oder weißlichen Mykorrhizen von Boletus edulis, Xerocomus badius und Paxillus involutus unterschieden werden.

Cortinarius obtusus ist von vielen strähnig und fächerig abziehenden Hyphen eingehüllt, die sich nur streckenweise zu undifferenzierten Rhizomorphen bündeln; zudem sind die Hauptachsen und Seitenäste geschlängelt. Alle Hyphen der Manteloberfläche und die abziehenden Hyphen sind mit Schnallen und auffälligen, 1 -3 µm großen, doliporusähnlichen Strukturen ausgestattet.

Die Hyphen sind über Kontaktschnallen miteinander verbunden. Die Mykorrhizen von Boletus edulis, Xerocomus badius und Paxillus involutus hingegen besitzen klar begrenzte, drehrunde und vielfach verzweigte Rhizomorphen mit Zentralhyphen; Die Rhizomorphenhyphen von Paxillus involutus besitzen Schnallen und einfache Septen, die von Boletus edulis und Xerocomus badius nur einfache Septen. Weitere Unterscheidungsmerkmale dieser drei Mykorrhiza-Arten s. unter Punkt III. 2.7.

LEGENDE zu Abb.14 - 16.

Abb.14 - Cortinarius obtusus - (a - c) Habitus, verschiedene Maßstäbe; (d und e) Mantelaufsichten, plectenchymatisch, Hyphen mit Schnallen; (d) Anastomose der Mantelhyphen; Septen mit großen doliporusähnlichen Strukturen; (f) mittlere Mantelschicht, nur einfache Septen. Alle Abbildungen von A1, 19.6.86.

Abb.15 - Cortinarius obtusus - (a - c) innerste Mantelschicht - dichtes Plectenchym, Hyphen ohne Schnallen; (d) Hyphe des Hartigschen Netzes auf Tanninzelle (Mantelunterseite); (e - h) abziehende Hyphen mit Anastomosen (Kontaktschnallen!). Alle Abbildungen von A1, 19.6.86.

Abb.16 - Cortinarius obtusus - (a) Rhizomorphe mit verzweigten und anastomosierenden Hyphen; (b - g) abziehende Hyphen; (b) Anastomose ohne Kontaktschnalle; (c) Anastomose mit Kontaktschnalle; (d) Anastomosen mit und ohne Kontaktschnalle nebeneinander; (e, f, g) Verzweigungsformen der Hyphen; (h) Hyphenende; (i, j) von Rhizomorphen abzweigende Hyphen; (j) Hyphe mit relativ großem Durchmesser. Alle Abbildungen von A1, 19.6.86.

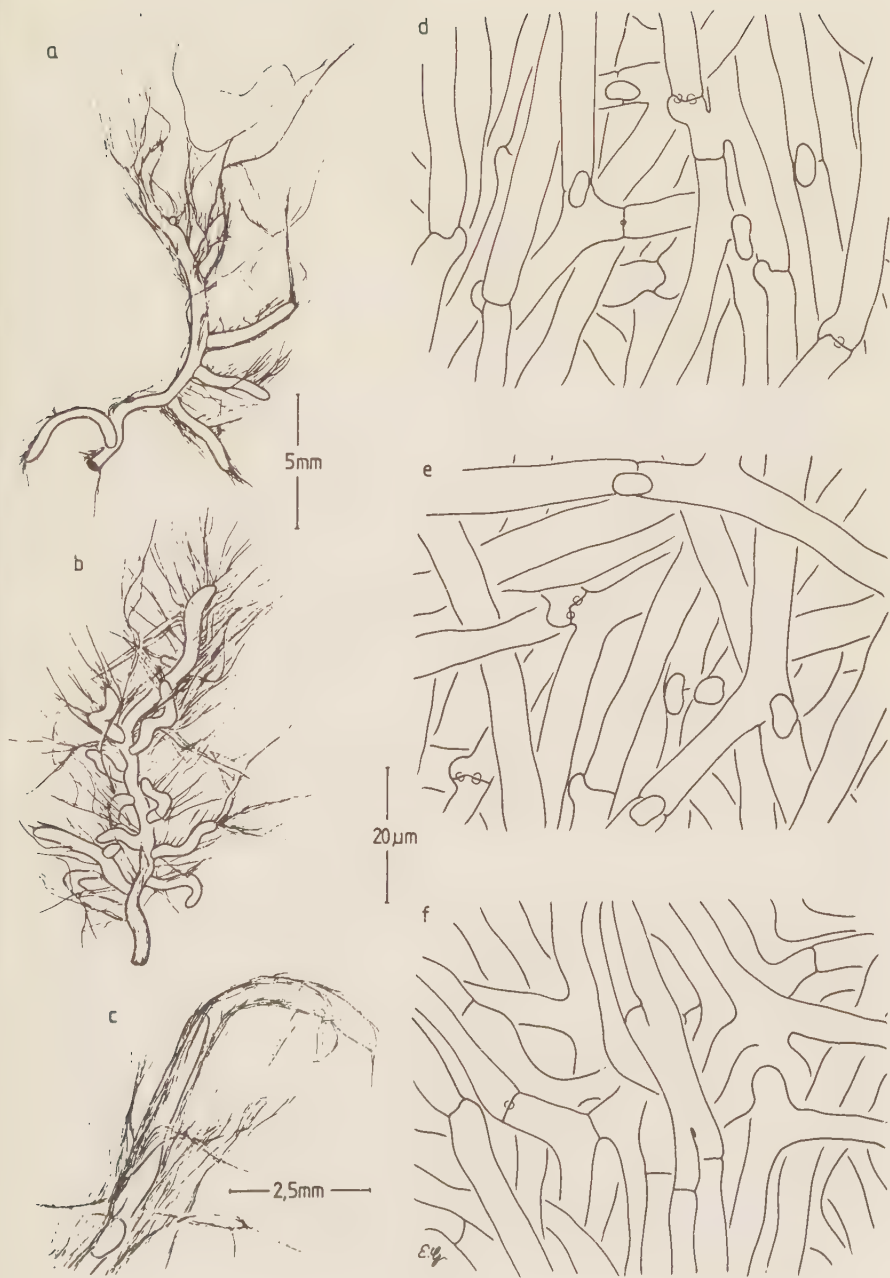


Abb.14 - *Cortinarius obtusus*



Abb.15 - *Cortinarius obtusus*



Abb.16 - *Cortinarius obtusus*

2.7. Paxillus involutus (Batsch) Fr. (Taf. 11 u. 12)

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, leg. R. Agerer; Fruchtkörper und Mykorrhiza Herb. RA 10939 (in M).

Habitus (Abb. 17 a)

Verzweigung unregelmäßig monopodial-pyramidal; Hauptachse und Seitenäste etwas geschlängelt. Länge des Verzweigungssystems 2 - 13 mm; Länge der unverzweigten Seitenenden bis 3 mm; Durchmesser der Hauptachse 0,4 - 0,5 mm; Durchmesser der Seitenenden 0,3 - (0,4) mm.

Gesamte Mykorrhiza (incl. Rhizomorphen) kalk- oder schmutzig-weiß, matt, an Stellen mit Lufteinschlüssen silbrig glänzend; Mantel an Druckstellen und bei älteren Mykorrhizen gelbbraun oder olivbraun. Sklerotien glatt, rund, gelblich-weiß, glänzend. Manteloberfläche grob netzig, Hyphenmantel unterschiedlich dicht, mit wenig abziehenden Hyphen; Rhizomorphen zahlreich, glatt, drehrund, mehrfach verzweigt, mit daranhängenden Sklerotien. Mantel bei älteren Mykorrhizen nur noch in Resten vorhanden, Rhizomorphen und Sklerotien jedoch immer auffindbar.

Mikroskopische Merkmale

Anatomie des Mantels in Flächenansicht (Abb. 17 b - d; Taf. 11 a, b u. f).

Mantelhyphen z.T. mit doliporusähnlichen Strukturen (Durchmesser 1 - 1,5 μm) (Abb. 18 a; Taf. 11 a).

Manteloberfläche locker oder dichter plectenchymatisch; Hyphen wenig verzweigt, parallel oder kreuz und quer verlaufend, Anastomosen meist ohne Septum (Abb. 18 a; Taf. 11 a); Hyphendurchmesser (3)4 - 5,5(6) μm , Septenabstände 6 - 60 μm , alle Hyphen mit Schnallen; Wände glatt, hyalin und unverdickt. Auf Manteloberfläche manchmal keulenförmige, hyaline Cystiden, Durchmesser ca. 5 μm , Länge 25 μm (Taf. 11 e) (einigermaßen intakte Cystide nur einmal gefunden!)

Tieferliegende Mantelschichten und Mantelinnenseite wie Oberfläche, Plectenchym etwas dichter (Abb. 17 d; Taf. 11 f). Oberfläche der Mykorrhizenspitze dicht plectenchymatisch, einzelne Hyphen kaum erkennbar.

Von der Manteloberfläche abziehende Elemente (Abb. 18 b - e; 19 a - d; 20 a - d; Taf. 11 c, d; 12 e - h).

Übergang von Mantelhyphen in abziehende Hyphen kontinuier-

lich (Taf.11 b). Abziehende Hyphen gabelig verzweigt, Hyphen mit Schnallen und dazwischen manchmal einfachen Septen (Abb.18 e), z.T. doliporusähnliche Strukturen erkennbar (Durchmesser ca.1 - 1,5 μm); Hyphendurchmesser 3 - 5,5 (6) μm , Schnallen- bzw. Septenabstände 12 - 100 (120) μm ; Wände hyalin, unverdickt (selten bis 1 μm) (Abb.20 d), oft mit feinen kristalloiden bis tröpfchenartigen Auflagerungen (Abb.18 e; 20 a, c). Hyphen häufig kollabiert; Hyphenenden manchmal von auswachsender intrahyphaler Hyphe gebildet (Abb.18 d).

Rhizomorphen (Abb.18b, c, d; 19 a - d; Taf.12 e - h) dreh- rund, fast glatt (nur einzelne herausragende Hyphen); Durchmesser 15 - 80 μm , an der Basis sockelartig verbreitert. Eine bis mehrere, stark lichtbrechende, ockerbraune (Taf.12 h) oder hyaline (Taf.12 f) Zentralhyphen in der Mitte oder randlich, Durchmesser 3,5 - 21 μm , Septenabstände 14 - 100 μm ; Septen einfach oder Schnallen, hyalin, unverdickt oder manchmal bis 3,5 μm dick (Abb.19 a, d), sich z.T. auflösend (Abb.19 b); Anastomosen zwischen den Zentralhyphen ohne Septum (Abb.19 c); Zellwände hyalin unverdickt; Zentralhyphen von wenigen (Abb.18 c, 19 b, d; Taf.12 g) oder mehreren (Abb.18 b) Hyphen umgeben, diese wie abziehende Hyphen aussehend.

Sklerotien (Abb.17 e; Taf.11 g): Durchmesser 0,2 - 0,4 mm; im Schnitt pseudoparenchymatisch mit angulären Zellen; Zellgröße (in der Mitte des Sklerotiums): 5 - 30 (50) μm , Zahl der angeschnittenen Zellen in 20 x 20 μm : (1) 3 - 5 (7); Zellen am Rande kleiner (2 - 10 μm). Wände hyalin, unverdickt; direkter Übergang der äußeren Zellen in Rhizomorphenhyphen.

Anatomie im Querschnitt

Manteldicke 25 - 50(60) μm , 6 - 15 Zell-lagen; alle Lagen plectenchymatisch, Zellen rund bis oval.

Maße der Zellen: tangential (2,5)3 - 5(8) μm , radial (1) 2,5 - 5(7) μm .

Wurzelhaubenderivate im innersten Mantelbereich schmal, langgezogen.

Tanninzellen: Anzahl der Reihen: 1 - 2; tangential schmal, oval bis fast rechteckig; Größe tangential (25)30 - 60 (80) μm , radial (4)6 - 19 μm . TCt = 41,7 μm ; TCq = 4,4.

Rindenzellen: Anzahl der Reihen (incl. Tanninzellen): 4 - 5; rund bis tangential-oval; Größe tangential (22)26 - 36 (45) μm , radial (6)12 - 34(40) μm . CCT = 31,2 μm ; CCq = 1,5.

Hartigsches Netz: Dicke incl. Restzellwände um Tanninzellen: 3 - 13 (17) μm , um Rindenzellen: 2 - 8(10) μm . Anzahl der Hyphenreihen um Tanninzellen: 2 - 3 (4), um Rindenzellen: 1 - 2. Hauptform der Hyphenzellen um Tannin- und Rindenzellen rund bis oval. Durchmesser der einzelnen Hyphen um Tanninzellen (1,5)3 - 7(12) μm , um Rindenzellen (1)2 - 3(5) μm . Hartigsches Netz 3 Rindenzellschichten (incl. Tanninzellen) tief.

Tanninzellen manchmal von hyalinen Hyphen des Hartigschen Netzes und braunen Fremdhyphen durchwachsen; Rindenzellen (s. Längsschnitt Abb. 20 f; Taf. 12 d) z.T. mit blasigen Einstülpungen des Hartigschen Netzes und kugeligen Tannineinlagerungen, manchmal auch mit intrazellulären Hyphen; diese mit glatten, hyalinen Wänden oder braunen Wänden mit kristalloiden Auflagerungen.

Anatomie im Längsschnitt (Abb. 20 e, f; Taf. 12 a - d)

Mantelschichtung und Zellgrößen dem Querschnitt entsprechend.

Tanninzellen unregelmäßig geformt, tangential schmal, langgestreckt; Größe tangential (43)50 - 120(130) μm , radial (4)6 - 19 μm . TCt = 80,7 μm ; TCq = 6,8.

Rindenzellen tangential schmal-oval, langgestreckt bis fast rechteckig; Größe tangential 40 - 120(135) μm , radial (6)12 - 34(40) μm . CCT = 87,2 μm ; CCq = 4,0.

Mykorrhizenspitze: Manteldicke und -aufbau wie im übrigen Längsschnitt.

Farbreaktionen des Mantels mit verschiedenen Reagentien:

Äthanol: ---; Anilin: ---; Baumwollblau: ---; Brillantkresylblau: ---; Eisensulfat: Wände leicht grünlich; Formol 40 %: Wände leicht grünlich; Kalilauge: ---; Melzers Reagens: ---; Milchsäure: ---; Phenol: ---; Rutheniumrot: Wände leicht pink; Säurefuchsin: Wände leicht pink; Sulfovanillin: Wände leicht rosa-orange.

Autofluoreszenz:

Ganze Mykorrhiza: 254 nm: ---; 366 nm: ---;

Querschnitte: UV Filter 340 - 380 nm: Mantel hell grünlich-blau; Blaufilter 450 - 490 nm: Mantel hell ocker.

Kernfärbung (KES) (Taf. 11 h)

Mantel: ein Kernpaar (Durchmesser 2 - 3 μm) pro Zelle, oder zwei einzeln nebeneinanderliegende Kerne (Durchmesser 2 - 3 μm). Rhizomorphen: Kerne mit 2 - 4 μm Durchmesser, nicht erkennbar wieviele pro Zelle.

Identifizierung

Die Identifizierung erfolgte durch den Vergleich mit der

von Agerer (Referenzbeleg RA 10939, in M) gefundenen Ektomykorrhiza von Paxillus involutus (Batsch) Fr.

Untersuchtes Material:

Referenzbeleg;

Weiteres Material:

Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese;

a) mit Belegen: A1, 1.4.86 und RA 10968, 4.9.86 (in M; wurden für obenstehende Beschreibung verwendet);

C1, 19.7.86 (in M); B1, 16.8.86 (in M); B2, 16.8.86 (in M).

b) ohne Belege: A1, 28.4.86; A1, 14.6.86; A1, 16.8.86; A1, 27.8.86;

Bezüglich Beschreibungen der Ektomykorrhiza von Paxillus involutus (Batsch) Fr. in der Literatur s. S. 176.

Wichtigste Unterscheidungsmerkmale der Ektomykorrhizen von Paxillus involutus, Boletus edulis und Xerocomus badius.

Diese drei Mykorrhiza-Arten besitzen einen weißen oder weißlichen Hyphenmantel und zahlreiche, klar begrenzte, drehrunde und vielfach verzweigte Rhizomorphen mit Zentralhyphen.

Trotzdem heben sie sich im Habitus etwas voneinander ab: Die Hauptachse und die unverzweigten Seitenenden von Paxillus involutus sind etwas dünner und mehr geschlängelt als die von Boletus edulis und Xerocomus badius. Paxillus involutus ist schmutzig bis gelblich-weiß und hat außer den Rhizomorphen noch zusätzlich wenige abziehende Hyphen; Boletus edulis ist weiß oder weißlich z.T. leicht rosa und Xerocomus badius weiß oder weißlich mit z.T. oliv-braunen Stellen. Oft hängen an den Rhizomorphen von Paxillus involutus runde, gelblich-weiße Sklerotien, dann ist diese Mykorrhiza leicht erkennbar.

Die Mykorrhiza von Boletus edulis ist im Vergleich zu der von Xerocomus badius wesentlich mehr verzweigt und hat einen dichteren Hyphenmantel.

Eine eindeutige Unterscheidung der drei Mykorrhiza-Arten ist nach Untersuchung der anatomischer Details möglich.

Mikroskopisch sind Zentralhyphen erkennbar, die z.T. hyalin, z.T. mit ocker bis olivfarbenem Inhalt sind. Die übrigen Hyphen der Rhizomorphen unterscheiden sich erheblich: bei Paxillus involutus sind an den Hyphen Schnallen anzutreffen und auf den Hyphenwänden oft feine, kristalloide oder tröpfchenartige Auflagerungen; die Hy-

phen von Boletus edulis und Xerocomus badius hingegen haben immer nur einfache Septen und die Wände sind glatt.

Die besten Unterscheidungsmerkmale zwischen den Mykorrhizen von Boletus edulis und Xerocomus badius bietet die Manteloberflächenstruktur. Bei Boletus edulis bilden die Mantelhyphen ein dichtes Plectenchym mit geschlängelten und gewundenen Hyphen (Durchmesser 4 - 6 (7) μm), und z.T. verdickten Septen (am besten sichtbar nach Färbung mit KES), Xerocomus badius besitzt eine meist locker-plectenchymatische Manteloberfläche mit fast geraden Hyphen (Durchmesser 5 - 7 (8, selten 12) μm), und unverdickten Septen.

LEGENDE zu Abb.17 - 20.

Abb.17 - Paxillus involutus - (a) Habitus, Rhizomorphen mit Sklerotien; (b und c) Mantelaufsichten und (d) Mantelinnenansicht, plectenchymatisch; (e) Schnitt durch Sklerotium mit abziehenden Rhizomorphenhyphen. Alle Abbildungen von A1, 1.4.86.

Abb.18 - Paxillus involutus - (a) Mantelhyphen, mehrfach verzweigt und anastomosierend; (b und c) Rhizomorphen; (b) mit mehreren großlumigen Zentralhyphen und außen Hyphen kleineren Durchmessers, z.T. mit kristalloiden Auflagerungen (s. Pfeil); (c) mit einer Zentralhyphe, von wenigen Hyphen umgeben; (d und e) abziehende Hyphen; (d) Hyphenende von auswachsender, glatter, intrahyphaler Hyphe gebildet; (e) mit kristalloiden Auflagerungen, mit Schnallen und einfachen Septen. Alle Abbildungen von A1, 1.4.86.

Abb.19 - Paxillus involutus - (a, b und d) Rhizomorphen; (a) großlumige Hyphen im äußeren Bereich der Rhizomorphe, Septen z.T. verstärkt, dünne Hyphen z.T. mit kristalloiden Auflagerungen; (b) Zentralhyphe, Septum sich von der Mitte her auflösend (s. Pfeil), von dünnen, glatten Hyphen umgeben (oben Aufsicht, unten opt. Schnitt); (c) Zentralhyphe mit Anastomose; (d) Zentralhyphe mit aufgequollenem Septum, umgeben von einer Lage Hyphen mit kristalloiden Auflagerungen. Alle Abbildungen von RA 10968.

Abb.20 - Paxillus involutus - (a - d) abziehende Hyphen, z.T. mit kristalloiden Auflagerungen; (a) Verzweigung; (b) glatte Hyphe; (c) Anastomose; (d) verdickte Zellwand; (e, f) Längsschnitte median; (e) Hartigsches Netz (HN) auf Rindenzone (RZ); (f) Rindenzone mit Tannineinlagerungen und intrazellulären Hyphen (izH), die vom Hartigschen Netz ausgehen (hyalin, glatt) oder Fremdhyphe, diese mit braunen Wänden und kristalloiden Auflagerungen). Alle Abbildungen von A1, 1.4.86.



Abb.17 - *Paxillus involutus*



Abb.18 - *Paxillus involutus*



Abb.19 - *Paxillus involutus*

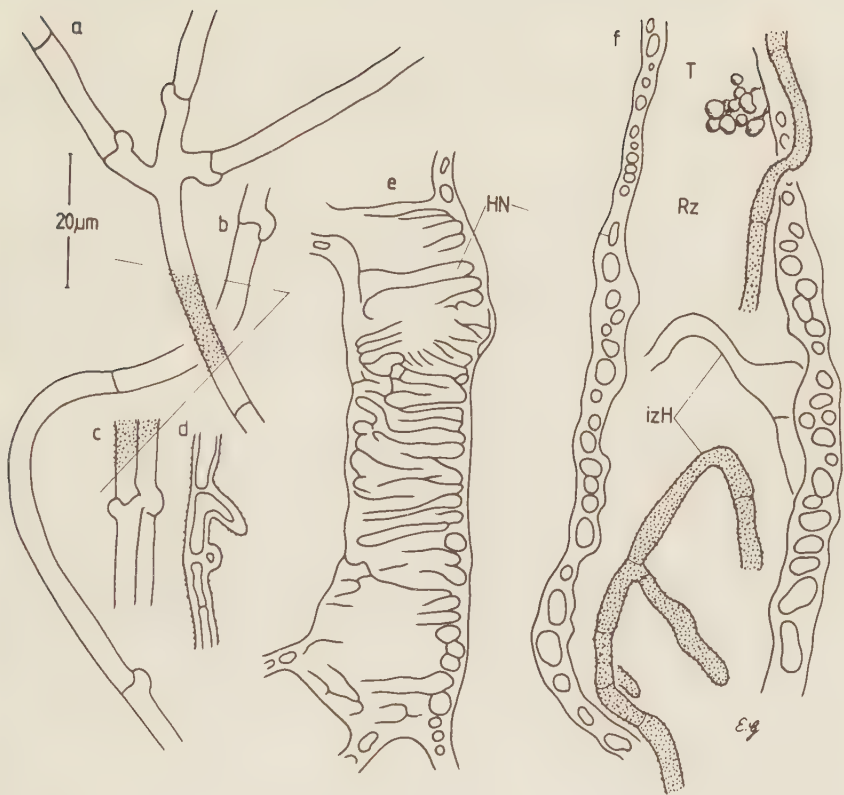


Abb.20 - *Paxillus involutus*

2.8. Boletus edulis Bull.: Fr. (Taf.13 u. 14)

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Landkreis Fürstentfeldbruck, Schöngeisinger Forst, 3.8.85, leg. E.Gronbach (M).

Habitus (Abb.21 a, a')

Verzweigung unregelmäßig monopodial-pyramidal; Mykorrhiza dicht verzweigt. Hauptachse und Seitenäste etwas gebogen, stellenweise leicht keulig, Enden stumpf abgerundet. Länge des Verzweigungssystems 2 - 14 mm; Länge der unverzweigten Seitenenden bis 3 mm; Durchmesser der Achsen 0,6 - 0,8 mm; Durchmesser der Seitenenden 0,4 - 0,6 mm.

Gesamte Mykorrhiza glatt, weiß bzw. weißlich oder leicht rosa, an Stellen mit Lufteinschlüssen silbrig glänzend; Rindenzellen nicht durchscheinend, da Hyphenmantel sehr dicht.

Rhizomorphen zahlreich, weiß, weißlich bis silbrig glänzend, drehrund, glatt und vielfach verzweigt (Abb.21 a'); Ansatzstellen sockelartig verbreitert. Keine abziehenden Hyphen auffindbar. Mykorrhiza (incl.Rhizomorphen) in FAA aschgrau.

Mikroskopische Merkmale

Anatomie des Mantels in Flächenansicht (Abb.21 b - d; Abb. 22 a, b; Taf.13 a - h).

In allen Mantelschichten doliporusähnliche Strukturen erkennbar (ca.1µm im Durchmesser oder kleiner) (Abb.21 b, c; Taf.13 e).

Gesamter Mantel dicht plectenchymatisch, Hyphen meist geschlängelt, seltener nur gebogen (Abb.21 b, c), gabelig verzweigt, Anastomosen meist ohne Septum (Abb.24 e, g; Taf.13 e). Durchmesser der Hyphen 4 - 6(7) µm, Septenabstände (10)16 - 40(60) µm; Septen auf der Manteloberseite manchmal etwas verdickt (bis 2 µm), gut sichtbar nach Färbung mit Karminessigsäure (Abb.24 d; Taf.13 h). Hyphenwände hyalin, unverdickt. Manchmal auf Manteloberseite einzeln liegende Mantelhyphen (Taf.13 a). Mantelhyphen der Oberseite manchmal mit blasig angeschwollenen seitlichen Abzweigungen (Durchmesser 5 - 8 µm) (Abb.24 h - k; Taf.13 d, 14 b). Oberfläche der Mykorrhizenspitze wie übrige Manteloberfläche mit geschlängelten, etwas dichter angeordneten Hyphen (Abb.22 b).

Rhizomorphen (Abb.22 c, d, 23 a - d; Taf.14 d - h).

Drei etwas unterschiedliche Erscheinungsformen der Rhizomorphen waren erkennbar; gemeinsame Merkmale: gebündelte, wenig verzweigte, fast parallel verlaufende Hyphen, Wände hyalin, unverdickt; Septen manchmal verdickt ($1 - 3 \mu\text{m}$; Verdickung möglicherweise auch durch zusammengedrückte Plasmareste kollabierter Zellen hervorgerufen) (Abb.22 c; 23 a - d; 24 a, b; Taf.14 g), oder z.T. von der Mitte her aufgelöst (Abb.22 d). Rhizomorphen glatt, dreh- und rund, Durchmesser $10 - 300 \mu\text{m}$; an Verzweigungsstelle der Rhizomorphen auch synchrone Verzweigung der Hyphen und meist Abnahme des Hyphen- bzw. Rhizomorphendurchmessers (Abb.22 c; 23 d; Taf.14 h).

Form 1: (jüngere Rhizomorphenabschnitte): Durchmesser der Hyphen $(2)3 - 4 \mu\text{m}$, Septenabstand $14 - 65 \mu\text{m}$; Hyphen gerade und parallel verlaufend; Zentralhyphen nicht auffindbar (Abb.22 d; Taf.14 h).

Form 2: Durchmesser der Hyphen $3 - 6(7) \mu\text{m}$, Septenabstand $(7)14 - 55 \mu\text{m}$ (meist um $20 \mu\text{m}$); Hyphen leicht tonnenförmig gewölbt (Abb.23 a, c; 24 a, b; Taf.14 g); manchmal blasig angeschwollene Hyphen an Rhizomorphenaußenwand mit (selten gefunden!) zusätzlicher Wandverdickung bis $2 \mu\text{m}$ (Abb. 23 c); Rhizomorphe mit oder ohne Zentralhyphen.

Form 3: Durchmesser der Hyphen $(4)5 - 7 \mu\text{m}$, Septenabstand $15 - 20 \mu\text{m}$; Hyphen tonnenförmig gewölbt (Abb.23 b; Taf.14 d; Zentralhyphen vorhanden.

Zentralhyphen stark lichtbrechend, ocker bis olivbraun, manchmal ohne Inhalt; Durchmesser $7 - 16 \mu\text{m}$, keine Septen auffindbar (Abb.23 b'), höchstens Einschnürungen in regelmäßigen Abständen ($20 - ? \mu\text{m}$) (Abb.23 a). Plectenchym des Fruchtkörpers (Röhrentrama) mit den Zentralhyphen gleichenden Hyphen (Taf.14 e).

Anatomie im Querschnitt (Taf.14 a)

Manteldicke $30 - 50 \mu\text{m}$, ca. $9 - 11$ Zell-Lagen; alle plectenchymatisch; Zellen rund bis tangential-oval; Manteloberfläche nicht scharf begrenzt, wegen z.T. einzeln aufliegender Mantelhyphen oder manchmal aufgeblähter Mantelzellen (s. Längsschnitt Taf.14 b).

Maße der Zellen: tangential $(3)4 - 8(15) \mu\text{m}$, radial $3 - 6(7) \mu\text{m}$.

Wurzelhaubenderivate im innersten Mantelbereich schmal, langgezogen.

Tanninzellen: Anzahl der Reihen: $1 - 2$; tangential-oval; Größe tangential $(25)30 - 50(60) \mu\text{m}$, radial $(7)10 - 17(35) \mu\text{m}$; Tct = $39,3 \mu\text{m}$; TCq = $3,2$.

Rindenzellen: Anzahl der Reihen (incl. Tanninzellen): 4 - 5; tangential-oval; Größe tangential (15)20 - 50(55)µm, radial (10)15 - 30(50) µm; CCT = 36,3 µm; CCq = 1,5.

Hartigisches Netz: Dicke incl. Restzellwände um Tanninzellen: 3 - 10 µm, um Rindenzellen: 2 - 4 µm. Anzahl der Hyphenreihen um Tanninzellen: 1 - 2 (3), um Rindenzellen: 1. Hauptform der Hyphenzellen um Tannin- und Rindenzellen rund bis oval. Einzelne Hyphe um Tanninzelle bis 5 µm im Durchmesser. Hartigisches Netz 3 Rindenzellschichten (incl. Tanninzellen) tief.

Tanninzellen z.T. von Hyphen durchwachsen; Rindenzellen z.T. mit blasigen Einstülpungen des Hartigischen Netzes und Tannineinlagerungen.

Anatomie im Längsschnitt (Abb.24 c; Taf.14 b, c)

Mantelschichtung dem Querschnitt entsprechend; Zellen rundlich bis tangential-oval; Maße der Zellen tangential (3)4 - 16 µm, radial (3)4 - 6(7) µm.

Tanninzellen tangential schmal, langgestreckt; Größe tangential (20)30 - 80 µm, radial (7)10 - 17(35) µm; TCT = 51,4 µm; TCq = 3,3.

Rindenzellen tangential schmal, langgestreckt; Größe tangential 30 - 80(100) µm, radial (10)15 - 30(50) µm. CCT = 63,3 µm; CCq = 2,8.

Mykorrhizenspitze: Manteldicke und -aufbau wie für Längsschnitt dargestellt.

Farbreaktionen des Mantels mit verschiedenen Reagentien:

Äthanol 70%: ---; Ammoniumhydroxid: ---; Anilin: ---; Brillantkresylblau: Wände blauviolett; Chlorazol - Black: ---; Erythrosin: Wände und Cytoplasma rosa; Formol: ---; Guajak: ---; Kalilauge 15%: ---; Kongorot: Wände rötlich; Malachitgrün: Wände und Cytoplasma grünlich; Martius-Gelb: ---; Milchsäure: ---; Phenol: ---; Sulfovanillin: ---; Toluidinblau: Wände und Cytoplasma violettblau.

Autofluoreszenz:

Ganze Mykorrhiza: 254 nm:---; 366 nm:---;

Querschnitte: UV Filter 340 - 380 nm: Mantel weißlich - blau, Rhizomorphe weißlich. Blaufilter 450 - 490 nm: Mantel weißlich - ockergelb, Rhizomorphe gelblich-weiß.

Kernfärbung (KES): (Abb.24 d, k; Taf.13 h)

Mantel und Rhizomorphen: Einzelne oder zwei direkt nebeneinanderliegende Kerne (Abstand bis 4 µm) pro Zelle; Durchmesser der Kerne 1,5 - 2 (3) µm; einzelne Kerne oft dicht an Zellwand anliegend. Mit KES färben sich die

verdickten Septen (möglicherweise Plasmareste s. oben) der Hyphen rotbraun (Abb.24 d; Taf.13 h), die Zentralhyphen der Rhizomorphen dunkelrotbraun.

Identifizierung:

Direkte Verbindungen der Mykorrhiza zum Fruchtkörper konnten nachgewiesen werden.

Bezüglich Beschreibungen von Ektomykorrhizen der Gattung Boletus in der Literatur s. S. 177.

Wichtigste Unterscheidungsmerkmale der Ektomykorrhizen von Paxillus involutus, Boletus edulis und Xerocomus badius s. S. 65.

LEGENDE zu Abb.21 - 24.

Abb.21 - Boletus edulis - (a) Habitus; (a') Rhizomorphen; (b und c) Mantelaufsichten und (d) innerste Mantelschicht, dicht plectenchymatisch mit unterschiedlichen Hyphenanordnungen. Alle Abbildungen von EG 3.8.85.

Abb.22 - Boletus edulis - (a) innerste Mantelschicht; (b) Mantelaufsicht der Mykorrhizenspitze; (c und d) Rhizomorphe, Septen z.T. verdickt (möglicherweise am Septum zusammengedrückte Plasmareste), (d) oder sich auflösend. Alle Abbildungen von EG 3.8.85.

Abb.23 - Boletus edulis - (a - d) Rhizomorphen mit unterschiedlich gestalteten Hyphenzellen; (a) mit stark lichtbrechender Zentralhyphe mit aufgelösten Septenwänden, am Rand optisch leere, großlumige Hyphe (s. Pfeil); (b') stark lichtbrechende Zentralhyphe (opt. Schnitt) umgeben von (b, Aufsicht) tonnenförmig gewölbten Hyphen; (c) Rhizomorphenhyphen z.T. blasig angeschwollen, manchmal mit Wandverdickung (s. Pfeile), Septen z.T. verdickt; (d) dünne Rhizomorphenhyphen mit typischer Verzweigungsstelle. Alle Abbildungen von EG 3.8.85.

Abb.24 - Boletus edulis - (a) Rhizomorphe außen mit großlumigen Hyphen; (b) einzelne Rhizomorphenhyphen verschiedenen Durchmessers mit z.T. verstärkten Septen; (c) Längsschnitt, Hartigsches Netz (HN) auf Rindenzelle; (d) Manteloberseite, mit KES angefärbte Kerne und Septen; (e - k) Hyphen der Manteloberseite; (e und g) mit Anastomosen; (f - k) mit blasig angeschwollenen Hyphenenden; (k) mit Kernpaar. Alle Abbildungen von EG 3.8.85.

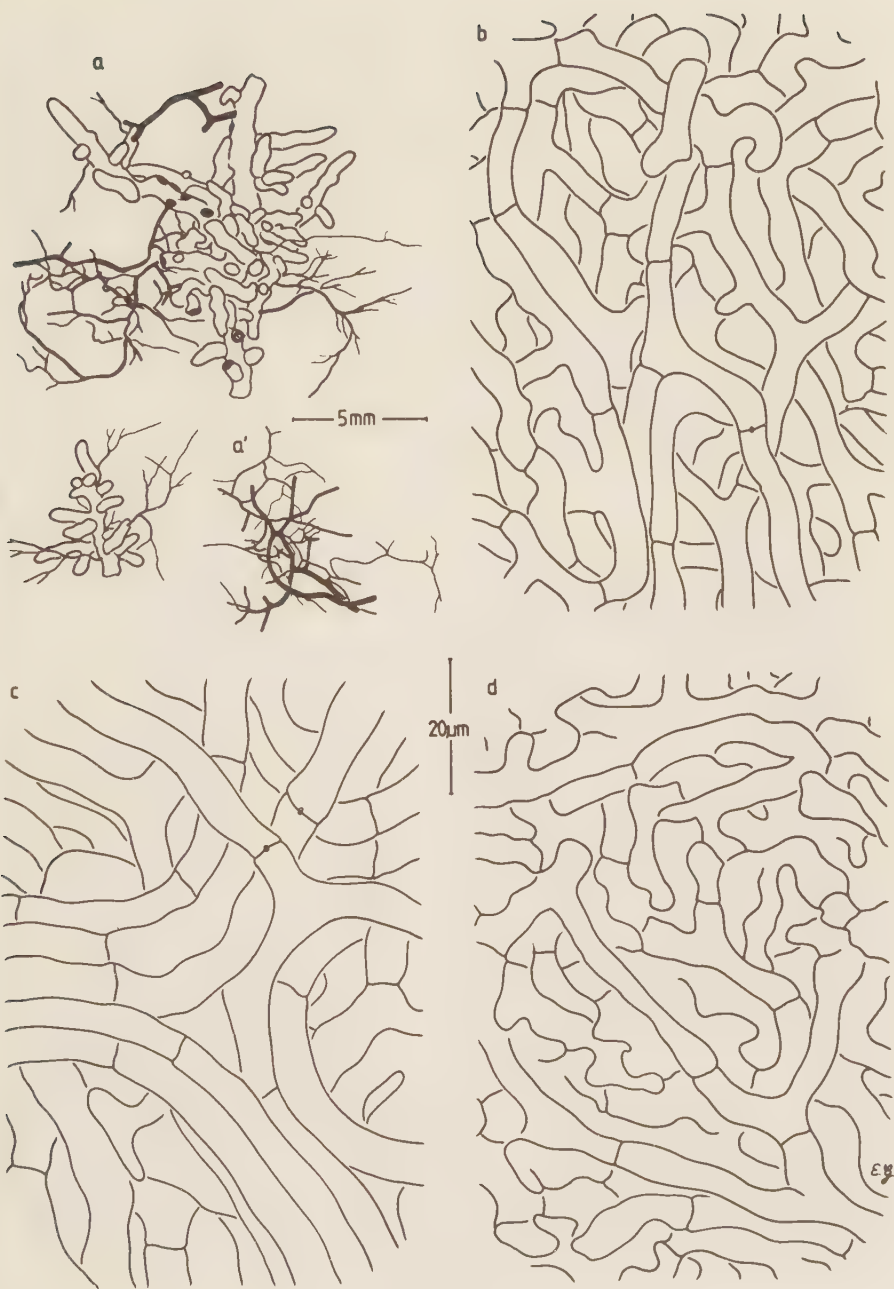


Abb.21 - *Boletus edulis*

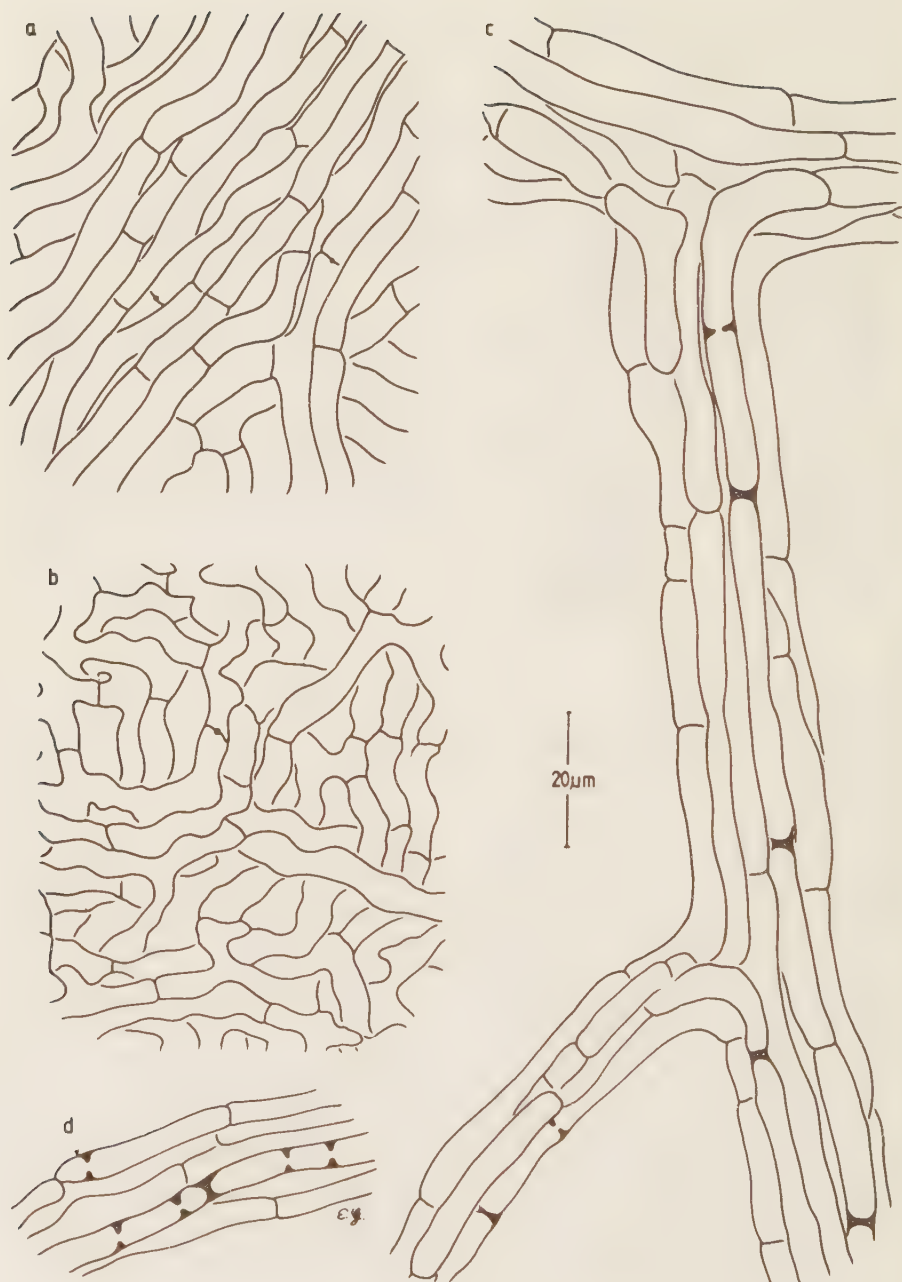


Abb.22 - *Boletus edulis*

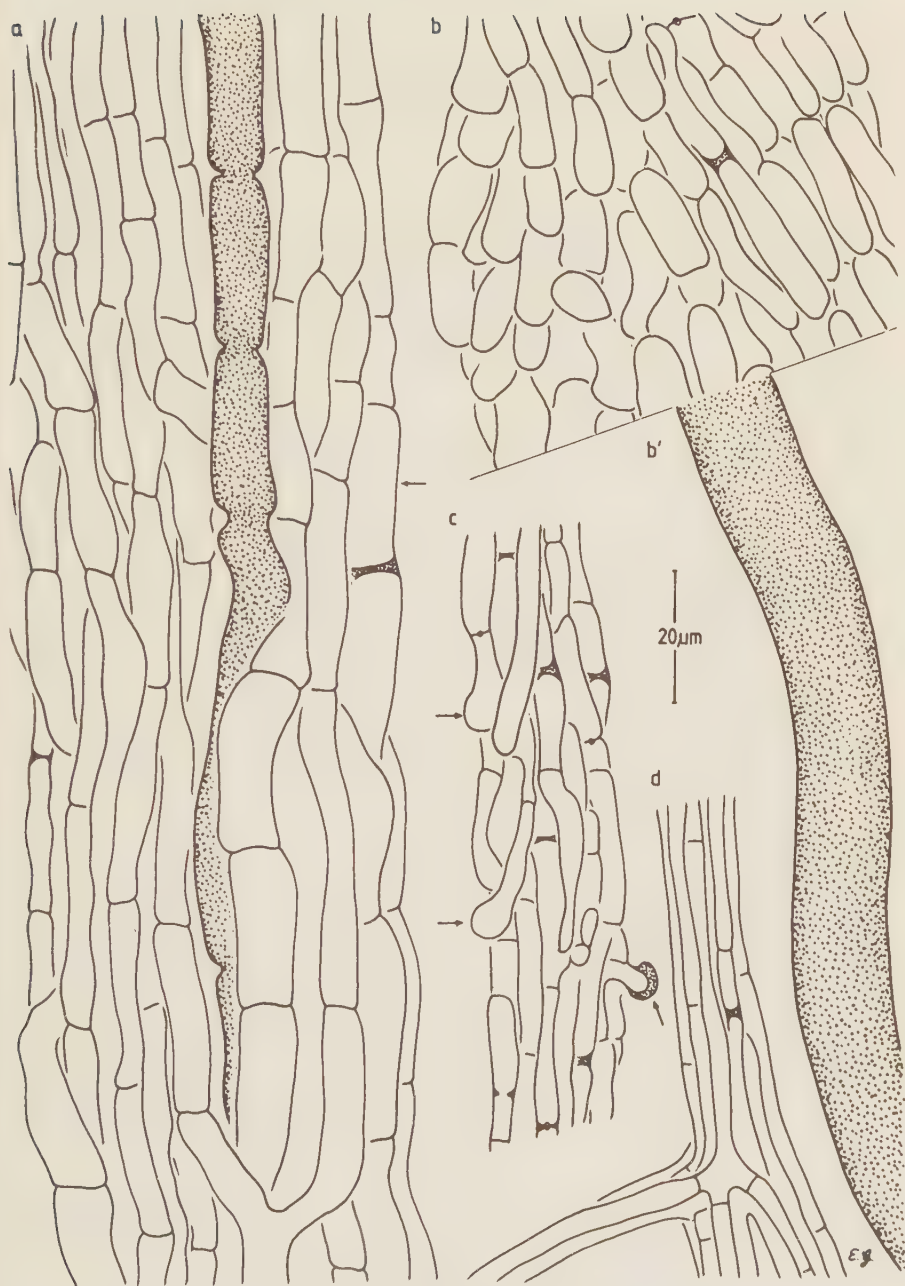


Abb.23 - Boletus edulis

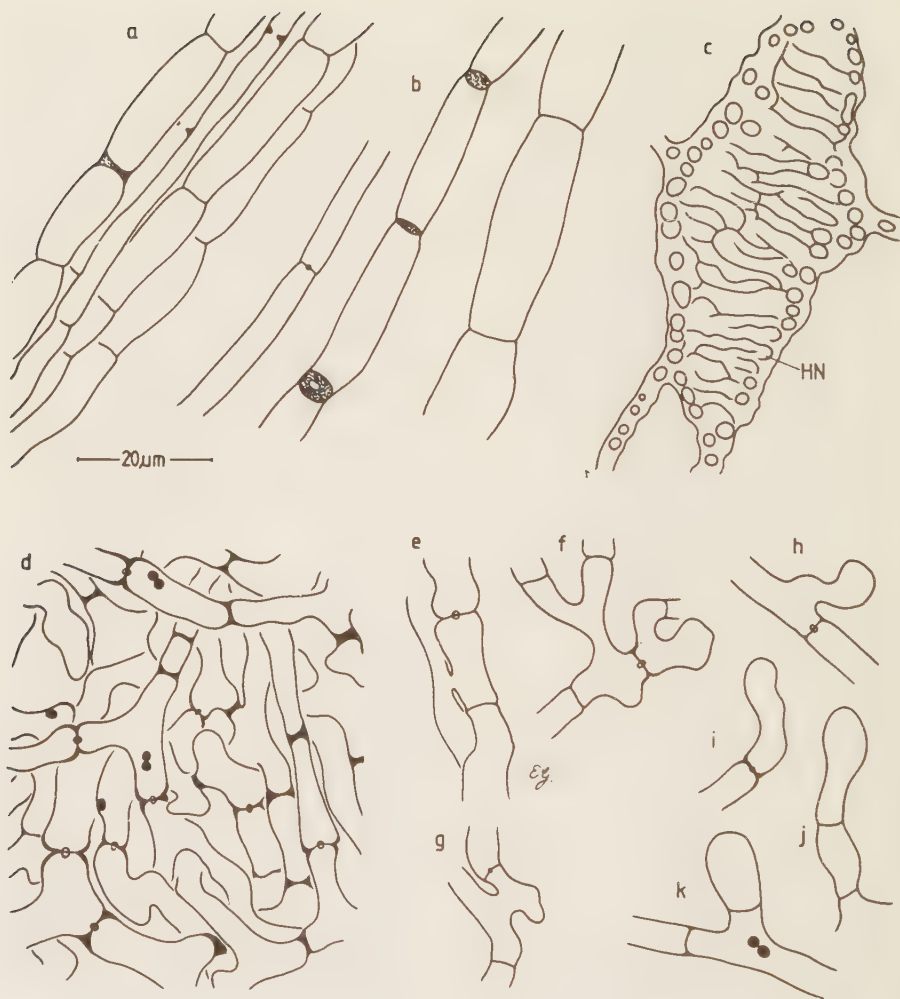


Abb.24 - *Boletus edulis*

2.9. Xerocomus badius (Fr.) Kühn.: Gilb. (Taf. 15 u. 16)

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese: Fläche C1, 21.4.86, leg. E.Gronbach (M).

Habitus (Abb.25 a)

Verzweigung unregelmäßig monopodial-pyramidal; Hauptachse und Seitenäste fast gerade; Hauptachsenende und Seitenastenden leicht keulig angeschwollen, stumpf abgerundet. Länge des Verzweigungssystems 2 - 18 mm; Länge der unverzweigten Seitenenden bis 2,5 mm; Durchmesser der Achsen 0,4 - 0,8 mm; Durchmesser der Seitenenden 0,3 - 0,6 mm.

Gesamte Mykorrhiza glatt, weißlich glänzend mit bräunlich-oliven Stellen, streckenweise mit Lufteinschlüssen, dann silbrig glänzend; Wurzel manchmal durchscheinend. Ältere Abschnitte der Mykorrhiza weißlich, matt mit vermehrt bräunlich-oliven Abschnitten.

Rhizomorphen zahlreich, weißlich bis silbrig glänzend, mit bräunlich-oliven Stellen, drehrund, glatt, vielfach verzweigt; Rhizomorphenansatz sockelartig verbreitert. Keine abziehenden Hyphen auffindbar; Mykorrhiza in FAA bräunlich.

Mikroskopische Merkmale

Anatomie des Mantels in Flächenansicht (Abb.25 b - d; 26 a; Taf.15 a - c).

In allen Mantelschichten doliporusähnliche Strukturen (Durchmesser ca. 1 - 1,5 μ m).

Gesamter Mantel plectenchymatisch, Hyphen fast gerade (Abb.25 b - d; Taf.15 a, c), kreuz und quer verlaufend, gabelig verzweigt; Anastomosen selten, mit oder ohne Septum. Durchmesser der Hyphen 5 - 7(8) μ m (selten bis 12 μ m, s. Abb.26 b), Septenabstände (10)20 - 40 (60) μ m. Hyphenwände unverdickt, hyalin. Mittlere und innere Mantelschichten manchmal dichter plectenchymatisch (Taf.15 b, c) und einzelne Hyphen nicht so gut erkennbar.

Mykorrhizenspitze wie Manteloberseite, Hyphen nur mehr verschlungen (Abb.26 a).

Rhizomorphen (Abb.26 c; 27 a - c; Taf.15 e; 16 d - g).

Rhizomorphen aus gebündelten, wenig verzweigten, fast parallel verlaufenden Hyphen; Wände unverdickt, hyalin. Hyphen langgestreckt-tonnenförmig, Durchmesser (3)4 - 6 (7) μ m, Septenabstände (8)20 - 60 μ m, meistens 30 - 40 μ m;

Keine doliporusähnlichen Strukturen erkennbar.

Rhizomorphen glatt, drehrund, selten mit kurzen seitlich herausstehenden Hyphen (dann meist gehäuft an einer Stelle, Abb.27 a); Durchmesser der Rhizomorphen 10 - 80 μm , Ansatzstelle sockelartig verbreitert, Verzweigungsstellen mit synchroner Verzweigung der Hyphen einhergehend und oft mit Abnahme des Hyphen- bzw. Rhizomorphendurchmessers.

Mitte der Rhizomorphen meist mit einer oder mehreren großlumigen Zentralhyphen (Durchmesser 8 - 13 μm ; Septenabstände 40 - 100 μm); Zentralhyphen manchmal gabelig verzweigt, z.T.stark lichtbrechend, dann ocker bis olivfarben (Taf.15 e) und z.T. hyalin (Taf.16 g); Wände unverdickt.

Anatomie im Querschnitt (Taf.15 f)

Manteldicke 55 - 80 μm , ca. 12 - 18 Zell-lagen; alle plectenchymatisch; Zellen rund bis tangential-oval; Mantelaußenseite nicht glatt, da Hyphen nur locker verflochten.

Maße der Zellen: tangential (4)5 - 8(15) μm , radial (3)4 - 6(7) μm .

Wurzelhaubenderivate im innersten Mantelbereich, schmal, langgezogen.

Tanninzellen: Anzahl der Reihen: 1 - 2; tangential-oval, zusammengedrückt; Größe tangential (15)20 - 55(70) μm , radial 6 - 20(30) μm . TCt = 34,3 μm ; TCq = 3,4.

Rindenzellen: Anzahl der Reihen (incl. Tanninzellen): 4 - 5; rundlich bis tangential-oval; Größe tangential 19 - 41 μm radial (8)18 - 45(50) μm . CCT = 28,4 μm ; CCq = 1,2.

Hartigsches Netz: Dicke incl. Restzellwände um Tanninzellen: 3 - 18(30) μm , um Rindenzellen: 2 - 3(4) μm . Anzahl der Hyphenreihen um Tanninzellen: 1 - 3, um Rindenzellen: 1. Hauptform der Hyphenzellen um Tannin- und Rindenzellen rund bis oval. Einzelne Hyphe um Tanninzellen 3 - 10 μm im Durchmesser (s. Längsschnitt Abb.28 b). Hartigsches Netz 2 - 3(4) Rindenzellschichten (incl. Tanninzellen) tief.

Tanninzellen teilweise von Hyphen durchwachsen; manche Rindenzellen mit blasigen Einstülpungen des HN.

Anatomie im Längsschnitt (Abb.28 a ,b; Taf.16 a - c)

Mantelschichtung dem Querschnitt entsprechend; Zellen rundlich bis tangential-oval; Maße der Zellen tangential (4)5 - 15 μm , radial (2)4 - 5(12) μm .

Tanninzellen tangential schmal, langgestreckt; Größe tangential (20)30 - 115(145) μm , radial 6 - 20(30) μm ; TCt = 75,9 μm ; TCq = 4,7.

Rindenzellen tangential schmal-oval bis rechteckig; Größe tangential 40 - 100(110) μm , radial (8)18 - 40(50) μm ; CCT = 69,4 μm ; CCq = 1,1.

Mykorrhizenspitze: Manteldicke und -aufbau wie für Längsschnitt dargestellt.

Farbreaktionen des Mantels mit verschiedenen Reagentien:

Äthanol 70%: ---; Ammoniumhydroxid: ---; Anilin: ---; Brillantkresylblau: Cytoplasma blauviolett; Chlorazol - Black: Cytoplasma graugrün; Erythrosin: Cytoplasma rosa; Fast - Green: Cytoplasma grünlich; Eisensulfat: ---; Formol ---; Guajak: ---; Kalilauge 15%: ---; Kongorot: Wände und Cytoplasma rosa-orange; Malachitgrün: Wände und Cytoplasma grünlich; Martius - Gelb: ---; Melzers Reagens: ---; Phenol: ---; Rutheniumrot: Wände orangerot, Cytoplasma leicht pink; Säurefuchsin: ---; Sulfovanillin: ---; Toluidinblau: Wände und Cytoplasma violettblau.

Autofluoreszenz:

Ganze Mykorrhiza: 254nm: ---; 366nm: ---:

Querschnitte: UV Filter 340 - 380 nm: Mantel hellblau - grünlich; Blaufilter 450 - 490 nm: Mantel hell-zitronengelb bis ocker.

Kernfärbung (KES): (Abb.28 c; Taf.15 d)

Mantel und Rhizomorphen: ein Kernpaar pro Zelle, Durchmesser der Kerne (1)1,5(2) μm , Abstand voneinander 1 - 3 μm . Kerne der Rhizomorphen meist 1 μm groß.

Identifizierung:

Direkte Verbindungen der Mykorrhiza mit dem Fruchtkörper konnten nachgewiesen werden.

Untersuchtes Material:

Referenzbeleg;

Weiteres Material:

Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese;

- a) mit Belegen: Hö 9.10.84 (in M); A1, 1.4.86 (in M); C1, 21.4.86 (in M); B1, 21.4.86 (in M); B2, 21.4.86 (in M);
b) ohne Belege: C1, 29.10.86; B1, 8.10.86; B1 19.6.86; B1, 9.10.86; B2, 8.10.85; B2 30.10.85;

Bezüglich Beschreibungen der Ektomykorrhiza von Xerocomus badius in der Literatur s. S. 178.

Wichtigste Unterscheidungsmerkmale der Ektomykorrhizen von Paxillus involutus, Boletus edulis und Xerocomus badius involutus s. S. 65.

LEGENDE zu Abb.25 - 28.

Abb.25 - Xerocomus badius - (a) Habitus; (b) Mantelaufsicht, (c) mittlere Mantelschicht und (d) Mantelinnenansicht, locker plectenchymatisch mit doliporusähnlichen Strukturen. Alle Abbildungen von C1, 21.4.86.

Abb.26 - Xerocomus badius - (a) Mantelaufsicht der Mykorrhizenspitze; (b) einzelne Hyphen der Manteloberfläche, Durchmesser und Septenabstände variabel; (c) Rhizomorphe mit großlumiger, hyaliner Zentralhyphe (optischer Schnitt). Alle Abbildungen von C1, 21.4.86.

Abb.27 - Xerocomus badius - (a - d) Rhizomorphen; (a) in Aufsicht, mit typischer Verzweigung und kurzen, seitlich abzweigenden Hyphen; (b und c) optischer Schnitt, olivbraune Zentralhyphen verschiedenen Durchmessers; (d) Aufsicht auf Rhizomorphe mit rückwärtsgerichteter Verzweigung. Alle Abbildungen von C1, 21.4.86.

Abb.28 - Xerocomus badius - (a und b) Längsschnitt; (a) Hartigsches Netz (HN) auf Rindenzelle und (b) auf Tanninzelle; (c) Kernpaar in Mantelhyphe (KES). Alle Abbildungen von C1, 21.4.86.

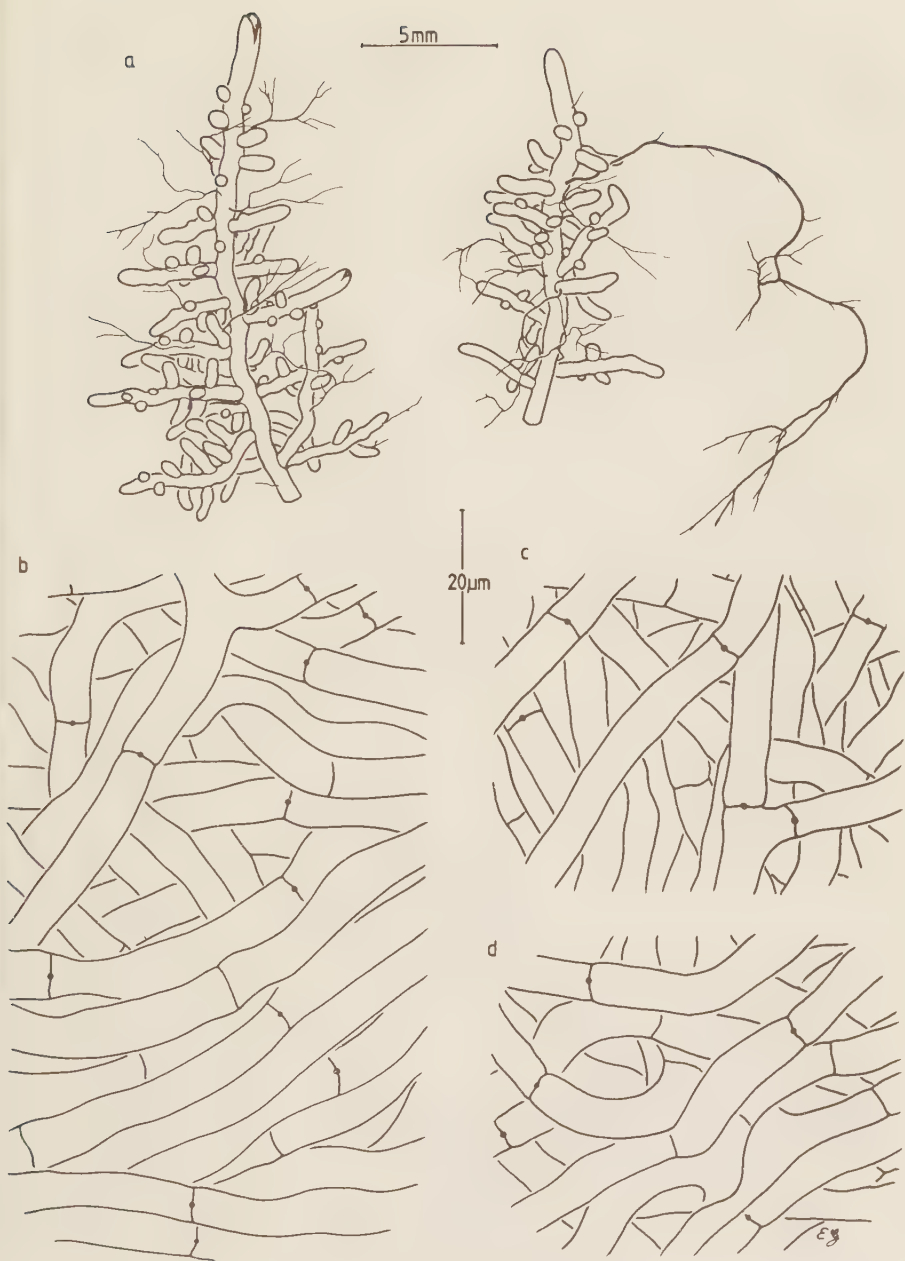


Abb.25 - *Xerocomus badius*

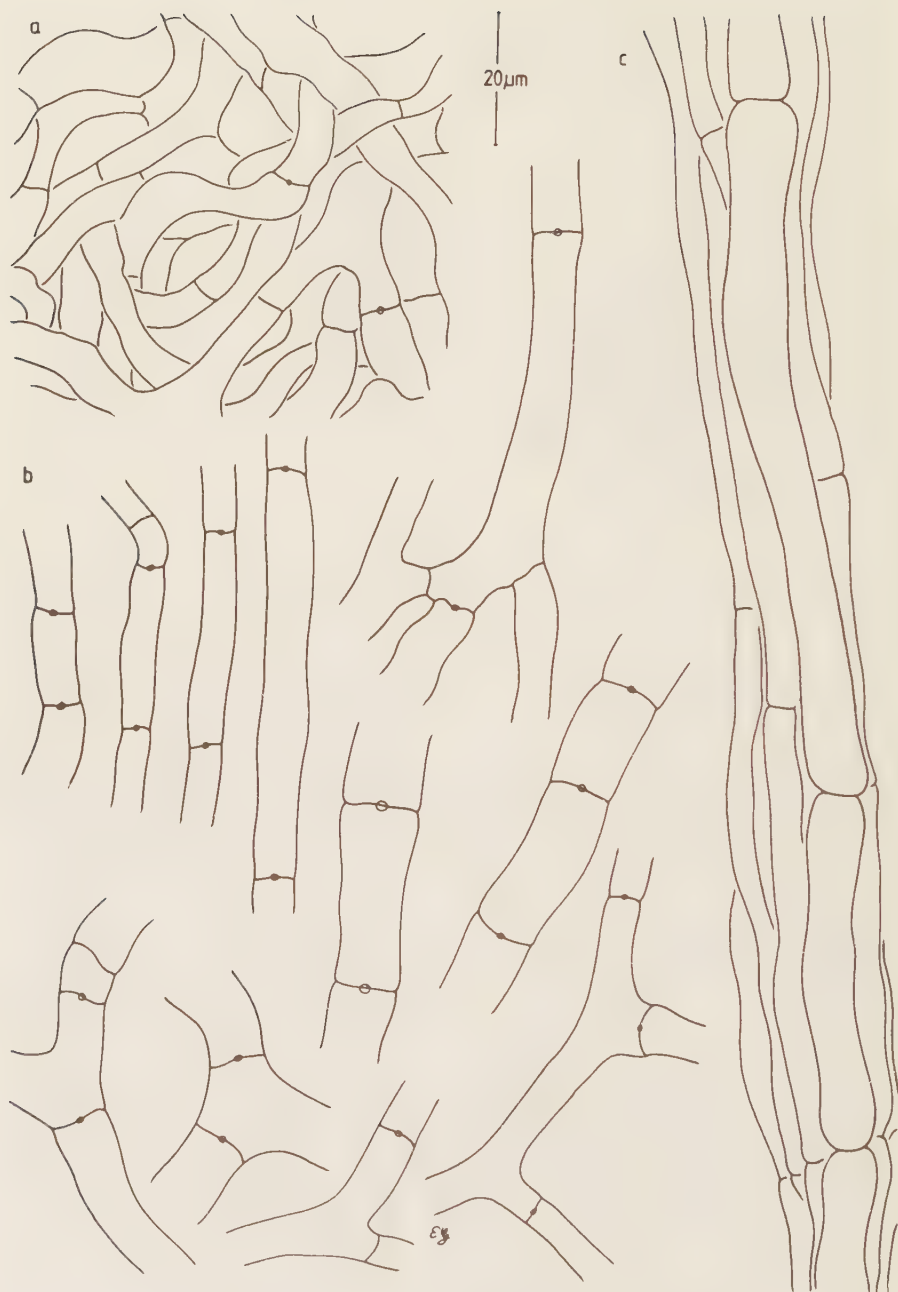


Abb.26 - *Xerocomus badius*



Abb.27 - *Xerocomus badius*

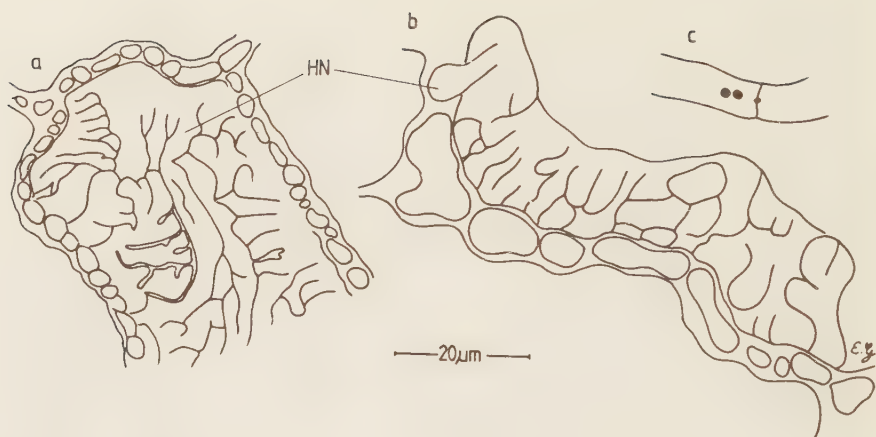


Abb.28 - *Xerocomus badius*

2.10. Piceirhiza glutinosa* (Taf. 17 u. 18)

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese: Fläche A1, 15.7.86, leg. E.Gronbach (M).

Habitus (Abb.29 a, a')

Verzweigung unregelmäßig monopodial-pyramidal; Hauptachse und Seitenäste fast gerade, Hauptachsenspitze leicht keulig, Seitenäste in der Mitte leicht keulig angeschwollen; Seitenastenden stumpf abgerundet. Länge des Verzweigungssystems 3 - 23 mm; Länge der unverzweigten Seitenenden bis 7 mm; Durchmesser der Achsen 0,6 - 0,8 mm; Durchmesser der Seitenenden 0,4 - 0,6 mm.

Seitenenden silbergrau bis graubraun; unmittelbare Spitzen weißlich-hyalin oder hell orangebraun; ältere Teile der Mykorrhiza graubraun.

Manteloberfläche glatt, z.T. silbrig glänzend, Rindenzellen selten durchscheinend; Mykorrhiza besonders an Verzweigungsstellen dicht filzig von abziehenden Hyphen umhüllt, diese immer mit stark anhaftenden Bodenpartikeln. Rhizomorphen wurden nicht gefunden.

Mikroskopische Merkmale

Anatomie des Mantels in Flächenansicht (Abb.29 b - d; 30 a; Taf.17 a - e)

In allen Mantelschichten manchmal Verdickungen im Zentrum des Septums sichtbar (Durchmesser 1 μ m oder kleiner).

Äußerste zwei Mantelschichten locker plectenchymatisch, Hyphen mehrfach gabelig verzweigt, netzartig angeordnet (Abb.29 b; Taf.17 a, b), Zwischenräume mit Bodenpartikeln angefüllt. Hyphen glatt, hyalin, Wände unverdickt, Durchmesser 2,5 - 3 μ m, Septenabstände 20 - 60 μ m.

Tieferliegende Mantelschichten locker plectenchymatisch, Hyphen mehrfach verzweigt, anastomosierend, unregelmäßig ausgebuchtet, netzartig angeordnet (Abb.29 c; Taf.17 c, d). Matrix gelatinös (verquollene, hyaline, Hyphenwände); Hyphenlumen an Septenstellen 1,5 - 2,5 μ m, an ausgebuchteten Stellen bis 7 μ m, Septenabstände 4 - 30 μ m.

*) Etymologie: glutinosa (lat.) = klebrig: die Oberfläche der Mykorrhiza und auch die abziehenden Hyphen sind stets dicht von anhaftenden Bodenpartikeln besetzt; wahrscheinlich sind die teilweise verquollenen Hyphenwände etwas klebrig.

Mantelinnenfläche plectenchymatisch, mit unregelmäßig ausgebuchteten, in einer Ebene mehrfach verzweigten, anastomosierenden Hyphen (Abb.29 d; Taf.17 e). Matrix gelatinös (verquollene, hyaline Hyphenwände); Hyphenlumen an Septenstellen 1,5 - 4 μm , an ausgebuchteten Stellen bis 6 μm ; Septenabstände 4 - 30(40) μm . Manche Mantelstellen mit dünneren, kaum ausgebuchteten Hyphen, Durchmesser 2 - 3 μm , selten bis 5 μm (Abb.30 a).

Oberfläche der Mykorrhizenspitze: wie übrige Manteloberfläche, nur mehr anhaftende Bodenpartikel (keine zusammenhängende Fläche darstellbar).

Von der Manteloberfläche abziehende Hyphen (Abb.30 d - h; Taf.18 f - j)

Direkter Übergang der Manteloberflächenhyphen in abziehende Hyphen oder aus runder oder unregelmäßig rundlicher Basalzelle (Höhe 3,5 - 8 μm , Breite 3 - 12 μm) hervorgehend (Abb.30 e). Hyphen leicht gewellt, vielfach verzweigt und anastomosierend, mit regelmäßig anzutreffenden kurzen, seitlichen Auswüchsen (Abb.30d), Anastomosen i.d.Regel mit Septum; Hyphenwände hyalin, -oberfläche rauh (klebrig ?) oder mit unregelmäßigen kristalloiden Auflagerungen und stets mit anhaftenden Bodenpartikeln (Abb.30 e - h).

Hyphenwand stellenweise gelatinös aufgequollen bis 2 μm und Hyphen miteinander verklebt (Abb.30 d). Hyphendurchmesser (2)2,5 - 3(4) μm , Septenabstand(6) 20 - 50 μm ; Septen z.T. mit Verdickungen im Zentrum (kleiner 1 μm), Septen selten bis 2,5 μm dick erscheinend (vermutlich hier durch an Septum gedrängten Protoplasten hervorgerufen)(Taf.18 i).

Anatomie im Querschnitt (Taf.18 b)

Manteldicke 25 - 35 μm , alle Zellschichten plectenchymatisch, Zellen rund bis oval; an der Mantelaußenseite stets anhaftende Bodenpartikel, Matrix der mittleren und inneren Zellschichten gelatinös.

Maße der Zellen : tangential 2 - 3 (7) μm , radial (1,5)2 - 3(5) μm .

Wurzelhaubenderivate im innersten Mantelbereich schmal, langgestreckt.

Tanninzellen: Anzahl der Reihen 1 -2 (4); tangential schmal-oval; Größe tangential 20 - 40(60) μm , radial (5)8 - 25(30) μm . TCt = 31,5 μm ; TCq = 2,8.

Rindenzellen: Anzahl der Reihen (incl.Tanninzellen) 5 - 7; tangential-oval; Größe tangential (20)30 - 42(45) μm , radial 15 - 30(36). CCT = 36,1 μm ; CCq = 1,7.

Hartigches Netz (s. Längsschnitt Taf.18 a,c): Dicke incl. Restzellwände um Tanninzellen: 2 - 6(10) μm , um Rindenzellen: 2 -3(5) μm ; Anzahl der Hyphenreihen um Tanninzellen:

1 - 2, um Rindenzellen: 1; Hauptform der Hyphenzellen um Tannin- und Rindenzellen rund bis oval. Hartigsches Netz 2 - 5 Rindenzellschichten (incl. Tanninzellen) tief.

Tanninzellen von Hyphen durchwachsen (Taf.18 a); Rindenzellen z.T. mit blasigen Einstülpungen des Hartigschen Netzes.

Anatomie im Längsschnitt (Taf.18 a, c)

Mantelaufbau dem Querschnitt entsprechend; Zellen rund bis oval.

Maße der Zellen : tangential 2 - 10 (15) μm , radial (1,5)2 - 3(7) μm .

Tanninzellen tangential schmal-oval bis rechteckig; Größe tangential 35 - 100(110) μm , radial (5)8 - 25(30) μm . TCt = 68,7 μm ; TCq = 3,6.

Rindenzellen tangential schmal-oval bis rechteckig ; Größe tangential (40)50 - 110 μm , radial 15 - 30(36) μm . CCt = 84,8 μm ; CCq = 3,3.

Mykorrhizenspitze: Mantelaufbau und -dicke wie übriger Längsschnitt.

Farbreaktionen des Mantels mit verschiedenen Reagentien:

Äthanol 70%: ---; Anilin: ---; Baumwollblau: Wände bläulich; Brillantkresylblau: Wände graublau; Eisensulfat:---; Formol: ---; Guajak: ---; Melzers Reagens: ---; Milchsäure: ---; Phenol:---; Säurefuchsin: Wände leicht pink; Sulfovanillin: Wände pink.

Autofluoreszenz:

Ganze Mykorrhiza: 254 nm: ---; 366 nm:---;

Querschnitte: UV Filter 340 - 380 nm: Mantel weißlich;

Blaufilter 450 - 490 nm: Mantel gelblich weiß.

Kernfärbung (KES) (Taf.18 d, e)

Hyphenmantel: einzeln liegende, 2 - 3 μm große Kerne, rund bis oval, oder in Hyphenzelle eingepaßt, dann fast rechteckig (Taf.18 d); nicht feststellbar wieviele Kerne pro Zelle.

Abziehende Hyphen: zwei bis mehrere 1,5 - 2 μm große Kerne pro Zelle, rund bis oval, oder wie oben in Hyphe eingepaßt (Taf.18 e).

Untersuchtes Material:

Referenzbeleg;

Weiteres Material:

Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt.Ottlerwiese:

a) mit Belegen: A1, 9.10.86 (in M); C1, 9.10.86 (in M); B1, 9.10.86 (in M); B2, 29.10.86 (in M).

b) ohne Belege: A1, 25.8.86; B2, 25.8.86; C1, 14.10.86;
A1 29.10.86; C1, 29.10.86; B1, 29.10.86.

Bezüglich Beschreibungen von Piceirhiza glutinosa in der Literatur s. S. 178.

Wichtigste Unterscheidungsmerkmale von Piceirhiza glutinosa und Piceirhiza guttata.

Der Hyphenmantel von Piceirhiza glutinosa ist silbergrau bis graubraun, der von Piceirhiza guttata rehbraun bis rotbraun (Durchschimmern des Wurzelgewebes).

Beide Mykorrhizen sind besonders an den Verzweigungsstellen von abziehenden Hyphen eingehüllt, an denen immer Bodenpartikel haften (besonders ausgeprägt bei Piceirhiza glutinosa).

Mikroskopisch unterscheiden sich die abziehenden Hyphen deutlich: bei Piceirhiza glutinosa treten nur einfache Septen und z.T. unregelmäßige kristalloide Auflagerungen auf (Hyphendurchmesser (2)2,5 - 3(4) μm); bei Piceirhiza guttata Schnallen und einfache Septen (Hyphendurchmesser (2,5) 3 - 4 (6) μm), auffälligstes Merkmal (Abgrenzung von allen beschriebenen Arten!) sind die hyalinen tröpfchenförmigen Auflagerungen (Durchmesser 0,5 - 2 μm).

Die äußere Mantelschicht besteht bei Piceirhiza glutinosa aus einem lockeren netzartigen Plectenchym mit dazwischensliegenden Bodenpartikeln (Hyphendurchmesser 2,5 - 3 μm); in den tieferliegenden Mantelschichten und der Mantelinnenfläche findet sich ein lockeres Plectenchym aus unregelmäßig ausgebuchteten, anastomosierenden Hyphen mit gelatinöser Matrix.

Bei Piceirhiza guttata hingegen ist die Matrix der Manteloberfläche gelatinös und das lockere Plectenchym wird hier von stark verzweigten, anastomosierenden, ausgebuchteten Hyphen gebildet (Durchmesser (1,5) 3 - 4 μm , verbreiterte Enden bis 8 μm). Hier ist die Matrix der Mantelinnenfläche nicht gelatinös und die Hyphen sind nicht ausgebuchtet (Durchmesser 1,5 - 4 μm).

LEGENDE zu Abb.29 und 30.

Abb.29 - Piceirhiza glutinosa - (a, a') Habitus; abziehende Hyphen mit anhaftenden Bodenpartikeln; (b) äußerste Mantelschicht locker plectenchymatisch, Zwischenräume mit Bodenpartikeln ausgefüllt; (c) darunterliegende Schicht und (d) innerste Mantelschicht plectenchymatisch mit ausgebuchteten, verzweigten und anastomosierenden Hyphen; Matrix gelatinös. Alle Abbildungen von A1, 15.7.86.

Abb.30 - Piceirhiza glutinosa - (a) innerste Mantelschicht mit einfachen Hyphen und gelatinöser Matrix; (b) Längsschnitt median, Hartigsches Netz (HN) auf Tanninzelle, daneben Rindenzelle (Riz); (c) einzelne Hyphe des Hartigschen Netzes auf Tanninzelle (Mantelunterseite); (d - h) abziehende Hyphen; (d) mit Anastomosen, hakenartigen seitlichen Auswüchsen (s. Pfeile) und z.T. gelatinös verquollenen Wänden (W); (e) mit Basalzellen und unregelmäßigen Wandauflagerungen; (f und g) mit Wandauflagerungen und anhaftenden Bodenpartikeln; (h) kollabierte Hyphe mit z.T. kristalloiden Auflagerungen. Alle Abbildungen von A1, 15.7.86.

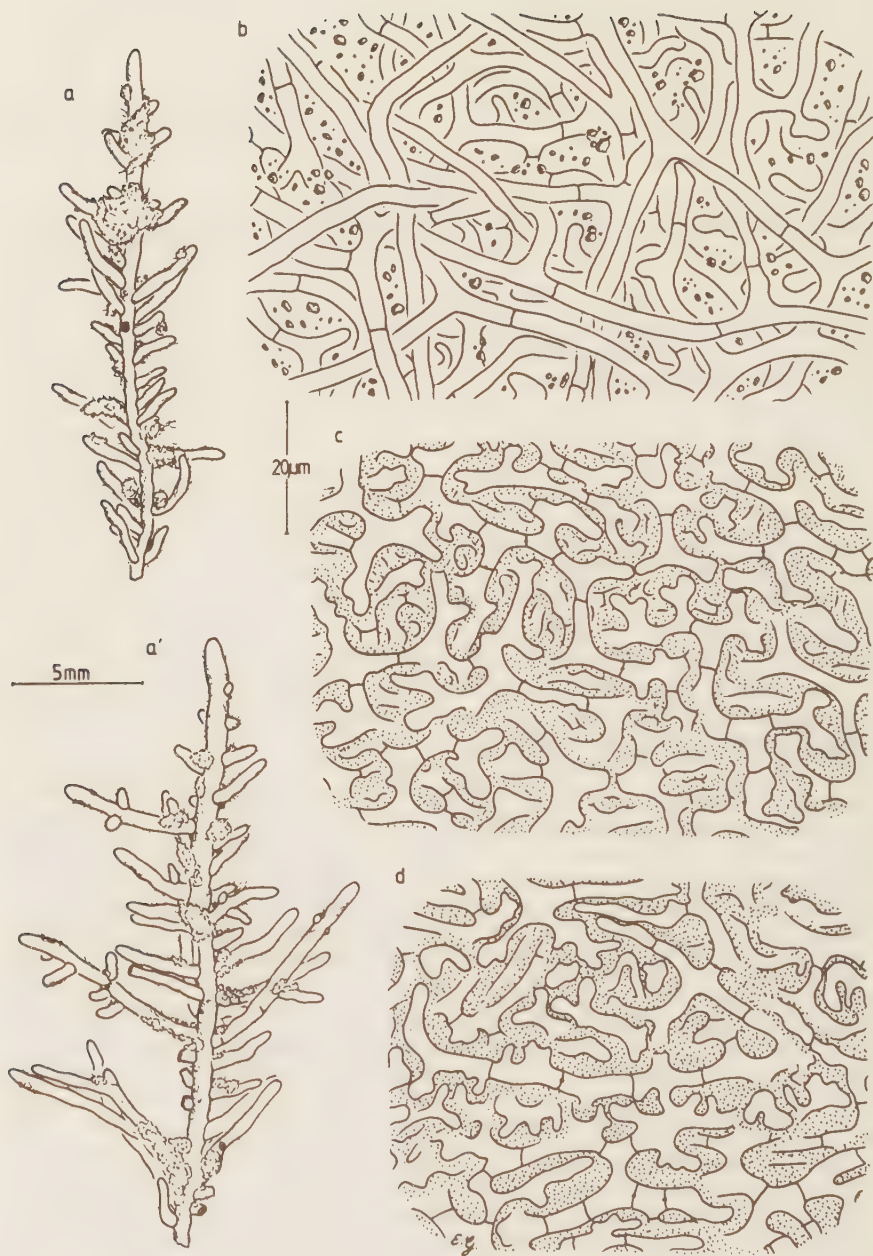


Abb.29 - *Piceirhiza glutinosa*

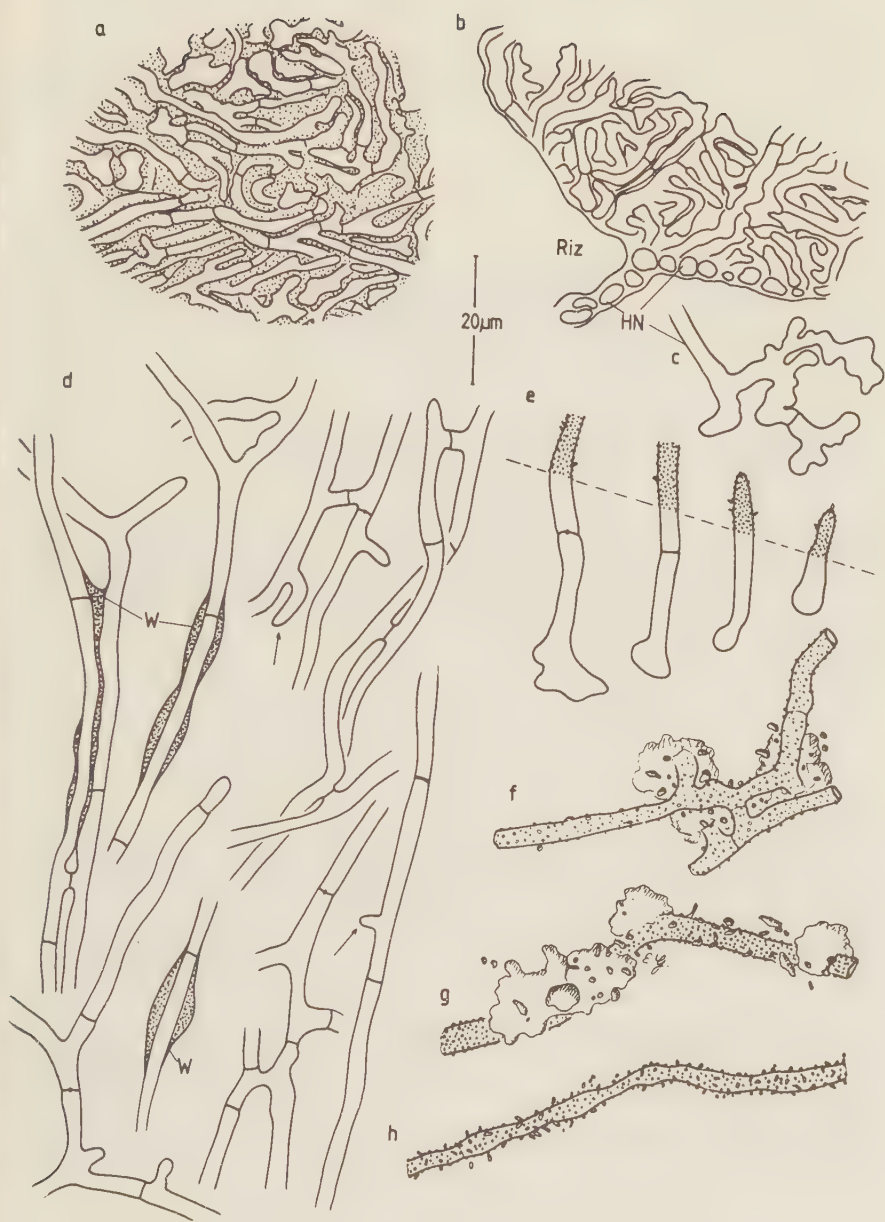


Abb.30 - *Piceirhiza glutinosa*

2.11. Piceirhiza guttata* (Taf.19 u. 20)

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese: Fläche A1, 9.10.86, leg. E.Gronbach (M).

Habitus (Abb.31 a, b)

Verzweigung unregelmäßig monopodial-pyramidal; Hauptachse und Seitenäste fast gerade, Enden der Seitenäste etwas dünner; Länge des Verzweigungssystems 2 - 10 mm; Länge der unverzweigten Seitenenden bis 4 mm; Durchmesser der Achsen 0,4 - 0,5 mm; Durchmesser der Seitenenden 0,3 mm - 0,6 mm.

Seitenenden rehbraun bis rotbraun, unmittelbare Spitzen rehbraun bis hyalin; ältere Teile der Mykorrhiza rotbraun bis braun. Mykorrhiza in FAA gelblich-ocker.

Manteloberfläche glatt, matt, Rindenzellen durchscheinend; besonders an Verzweigungsstellen Mykorrhiza locker-wollig von abziehenden Hyphen umhüllt; diese meist mit anhaftenden Bodenpartikeln. Rhizomorphen wurden nicht gefunden.

Mikroskopische Merkmale

Anatomie des Mantels in Flächenansicht (Abb.31 c - e; 32 a - c; Taf.19 a - f)

In allen Mantelschichten doliporusähnliche Strukturen (Durchmesser ca. 0,5 μ m).

Manteloberfläche (Abb. 31 c - e; Taf. 19 a - c) locker plectenchymatisch, Hyphen stark verzweigt, ausgebuchtet, anastomosierend, netzartig angeordnet (Abb.31 c, d; 32 b; Taf.19 b); anastomosierende Enden oft knochig verbreitert bis 8 μ m (Abb.32 c), Durchmesser an Septenstellen (1,5)3 - 4 μ m, Septenabstände 9 - 60 μ m; Hyphenwände hyalin bis leicht orange, aufgequollen, daher Matrix gelatinös. Mantel stellenweise mit eher parallel verlaufenden, weniger vernetzten Hyphen, (Abb.31 e; Taf.19 d, e) oder gedrungeenen, durchschnittlich in kleineren Abständen septierten Hyphen (Taf.19 a).

Tieferliegende Mantelschichten: Struktur wie Manteloberfläche.

*) Etymologie: guttata (lat.) = betropft, betüpfelt, bezieht sich auf die stets anzutreffenden, tröpfchenförmigen Auflagerungen der abziehenden Hyphen.

Mantelinnenfläche dicht plectenchymatisch (Abb.32 a; Taf.19 f), Hyphen nicht ausgebuchtet, keine gelatinösen Hyphenwände bzw. keine gelatinöse Matrix. Hyphendurchmesser 1,5 - 4 μm , Wände hyalin, Septenabstände 3 - 30 μm . Oberfläche der Mykorrhizenspitze (Abb.32 b. Taf.19 e) wie übrige Manteloberfläche, aber Zellen nicht so stark ausgebuchtet, Durchmesser meist 2 - 4 μm .

Von der Manteloberfläche abziehende Hyphen (Abb.32 d, e; 33 a, b; Taf.20 e - i).

Dünnwandige hyaline Hyphen aus Mantelzelle (= Basalzelle) entspringend; Basalzelle meist allseits verzweigt, über dünn ausgezogene Verbindungsstücke (1,5 - 2 μm) mit anderen Mantelzellen durch Anastomosen und Septen verbunden (Abb.31 c; 32 e; Taf.20 e). Übergangsstelle Basalzelle/abziehende Hyphe: Zellwand etwas verdickt auf eine Strecke von ca.10 - 30 μm , dann Beginn der stets anzutreffenden tröpfchenförmigen hyalinen Auflagerungen (Abb.32 e, Taf.20 e, f) mit einem Durchmesser von 0,5 - 2 μm (Abb.33 a, b; Taf.20 h, g). Hyphendurchmesser (2,5)3 - 4(6) μm , Abstand der Schnallen 60 - 130 μm , der dazwischenliegenden, einfachen Septen (2)6 - 50 μm ; Zellwände unverdickt (ca. 0,3 μm), selten bis 1,5 μm , Hyphen gabelig verzweigt, Enden in der Regel auch mit auflagernden Tröpfchen, selten aus auswachsender, intrahyphaler, glatter Hyphe (1 - 3 μm dick) gebildet (Abb.32 d); intrahyphale Hyphen z.T. auch innerhalb der Hyphen von Septum zu Septum oder seitlich auswachsend (Abb.33 a; Taf.20 i).

Anatomie im Querschnitt (Taf.20 c)

Manteldicke 10 - 30 (50) μm ; alle Zellschichten plectenchymatisch, Zellen rundlich bis oval.

Maße der Zellen : tangential (1)2 - 4(10) μm , radial (1)2 - 4(10) μm .

Wurzelhaubenderivate im innersten Mantelbereich schmal, langgestreckt.

Tanninzellen: Anzahl der Reihen :2; tangential-oval; Größe tangential (15)25 - 40(70) μm , radial (5)6 - 30(35) μm ; TCT = 32,4 μm ; TCq = 3,0.

Rindenzellen: Anzahl der Reihen (incl.Tanninzellen):5; tangential-oval; Größe tangential (10)12 - 40(45) μm , radial 12 - 40 μm . CCT = 25,9 μm ; CCq = 1,6.

Hartigsches Netz (s.Längsschnitt Taf.20 a, b): Dicke incl. Restzellwände um Tanninzellen 3 - 15 μm , um Rindenzellen 2 - 5 μm ; Anzahl der Hyphenreihen um Tanninzellen: 1 - 3, um Rindenzellen: 1; Hauptform der Hyphenzellen um Tannin- und Rindenzellen rund bis oval. Hartigsches Netz 3 - 4 Rindenzellschichten (incl. Tanninzellen) tief.

Rindenzellen teilweise mit Tannineinlagerungen und blasigen Einstülpungen des Hartigschen Netzes.

Anatomie im Längsschnitt (Taf.20 a, b)

Mantelaufbau dem Querschnitt entsprechend

Maße der Zellen: tangential 2 - 60 μm , radial (1)2 - 4 (10) μm .

Tanninzellen tangential schmal-oval, langgestreckt; Größe tangential (55)65 - 110(160) μm , radial (5)6 - 30 (35) μm . TCt = 97,7 μm ; TCq = 5,1.

Rindenzellen tangential schmal-oval, langgestreckt; Größe tangential (65)80 - 150(160) μm ; radial 12 - 40 μm . CCt = 116,3 μm ; CCq = 4,3.

Mykorrhizenspitze: Manteldicke 20 - 30 μm , -aufbau wie im übrigen Längsschnitt.

Farbreaktionen des Mantels mit verschiedenen Reagentien:

Äthanol 70%: ---; Anilin: ---; Baumwollblau: Wände blau-grün; Brillantkresylblau: Wände graublau; Eisensulfat: ---; Formol: ---; Guajak: ---; Kalilauge 15%: ---; Melzers Reagens: ---; Milchsäure: ---; Phenol: ---; Säurefuchsin: Wände leicht pink; Sulfovanillin: Wände pink.

Autofluoreszenz:

Ganze Mykorrhiza: 254 nm: ---; 366 nm: ---;

Querschnitte: UV Filter 340 - 380 nm: Mantel hell blau-grün; Blaufilter 450 - 490 nm: Mantel weißlich gelb bis ockergelb.

Kernfärbung (KES) (Taf.19 h; 20 d)

Manteloberfläche: ein Kernpaar pro Zelle, oval, 2 μm lang und ca. 1,7 μm breit, oder rund mit 1 - 2 μm Durchmesser; z.T. zwei einzeln liegende Kerne, Abstand 1 μm , Durchmesser 1 - 2 μm .

Abziehende Hyphen: pro Zelle 1 - 2 einzelne Kerne, rund bis oval, Durchmesser 1,5 - 2 μm oder je ein Kernpaar mit 1 - 2 μm Durchmesser.

Tröpfenförmige Auflagerungen der abziehenden Hyphen durch KES rötlich gefärbt.

Untersuchtes Material:

Referenzbeleg;

Weiteres Material:

Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese;

a) mit Belegen: A1, 16.9.86 (in M); C1, 9.10.86 (in M); B1, 27.10.86 (in M); B2, 9.10.86 (in M).

b) ohne Belege: A1, 17.9.86; A1 9.10.86; C1, 21.4.86; B1, 15.7.86; B2, 12.9.85; B2, 15.7.86; B2, 27.8.86.

Wichtigste Unterscheidungsmerkmale von Piceirhiza glutinosa und Piceirhiza guttata s. S. 92.

LEGENDE zu Abb.31 - 33.

Abb.31 - Piceirhiza guttata - (a und b) Habitus; (c, d und e) äußerste Mantelschicht plectenchymatisch mit ausgebucheten, verzweigten und anastomosierenden Hyphen, verschieden angeordnet, Matrix gelatinös; (c) mit aus Mantelzelle abziehender Hyphe (azH); (d) Hyphen z.T. lang, schmal ausgezogen; (e) Hyphen fast parallel verlaufend, anastomosierende Enden oft knochig verbreitert; Septen z.T. mit dolioporusähnlichen Strukturen.

Alle Abbildungen von A1, 9.10.86.

Abb.32 - Piceirhiza guttata - (a) Mantelinnenfläche: dicht plectenchymatisch; (b) Aufsicht auf Mykorrhizenspitze, Plectenchym mit gelatinöser Matrix; (c) einzelnes zusammenhängendes Hyphensystem der Manteloberfläche mit Anastomosen und Septen, Wände gelatinös; (d) Hyphenenden mit tröpfchenförmigen, hyalinen Auflagerungen, selten von glatter, intrahyphaler auswachsender Hyphe gebildet (s. Pfeil); (e) aus Manteloberflächenzellen auswachsende, abziehende Hyphen, an Auswuchsstelle meist verdickte Zellwände (s. Pfeil), anschließend daran Beginn der tröpfchenförmigen Auflagerungen (s. Pfeil), Septen hier z.T. mit blasigen Ausstülpungen. Alle Abbildungen von A1, 9.10.86.

Abb.33 - Piceirhiza guttata - (a) abziehende Hyphen mit tröpfchenförmigen Auflagerungen; z.T. mit verdickten Zellwänden und intrahyphalen Hyphen (ihH), diese manchmal seitlich auswachsend; (b) verdickte Zellwand an Septen der Schnallen, Auflagerungen hier sehr groß (s. Pfeil) und z.T. miteinander verschmolzen. (c) Hartigsches Netz (HN) auf Tanninzelle (Mantelunterseite). Alle Abbildungen von A1, 9.10.86.

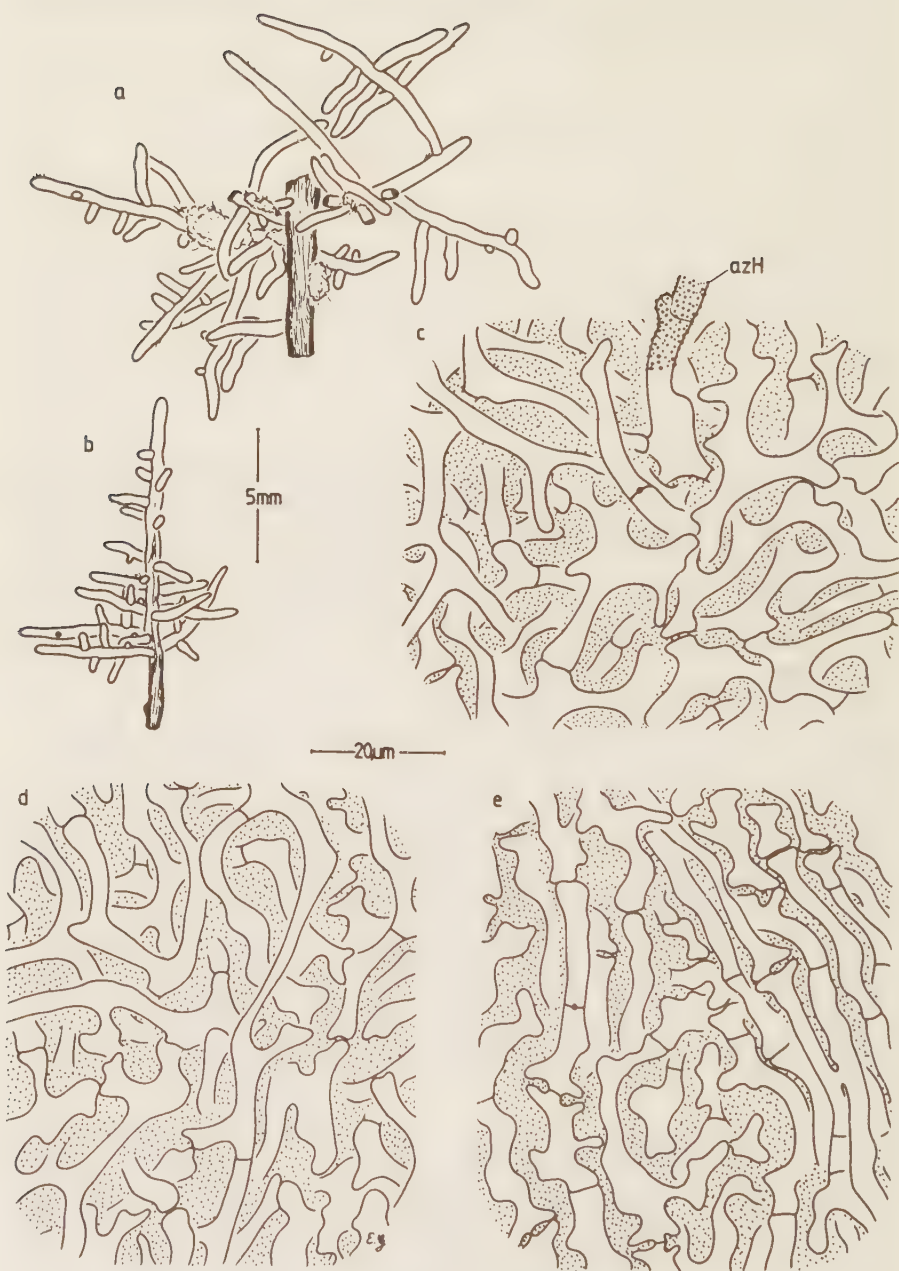


Abb.31 - *Piceirhiza guttata*

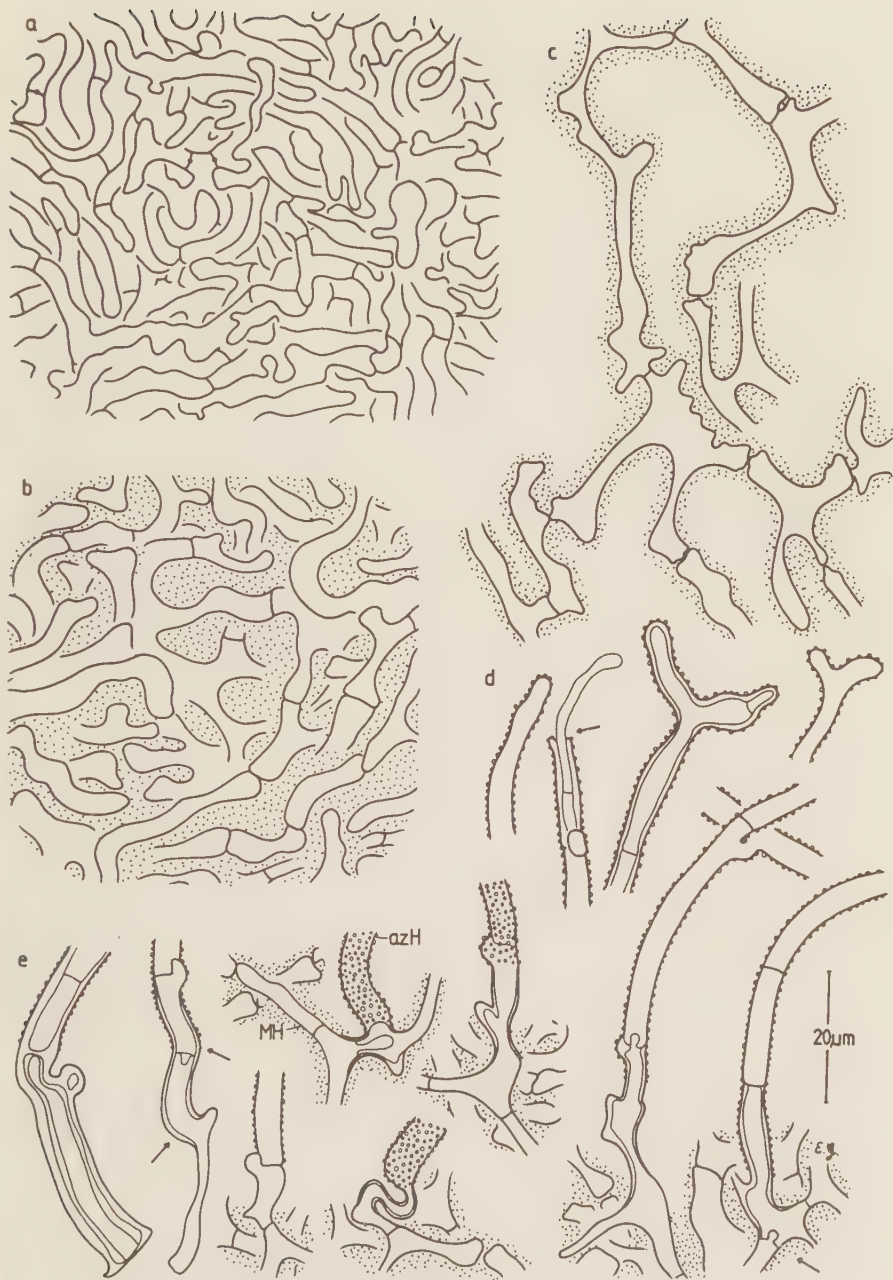


Abb.32 - *Piceirhiza guttata*



Abb.33 - *Piceirhiza guttata*

2.12. Dermocybe cinnamomea (L.) Wünsche (Taf.21 u. 22)

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Landkreis Dachau, Günding, Fichtenwald, leg. R. Agerer 7.10.1884; Fruchtkörper und Mykorrhiza Herb. RA 10758 (in M).

Habitus (Abb.34 a - c)

Verzweigung unregelmäßig monopodial-pyramidal oder Seitenäste nach einer Seite gebogen, dadurch Eindruck einer sympodialen Verzweigung entstehend. Hauptachse und Seitenäste stark gebogen. Länge des Verzweigungssystems 3 - 15 mm; Länge der unverzweigten Seitenenden bis 4 mm; Durchmesser der Hauptachse 0,4 - 0,6 mm; Durchmesser der Seitenenden 0,3 - 0,4 mm.

Gesamte Mykorrhiza gelbgrün bis olivgrün, Spitzen etwas heller oder fast hyalin. Ältere Teile der Mykorrhiza oliv.

Manteloberfläche glänzend, fast überall von locker-strählig abziehenden Hyphen umhüllt, sich streckenweise zu Rhizomorphen bündelnd, dann z.T wieder aufgefächert (Abb.34c)

Mikroskopische Merkmale

Anatomie des Mantels in Flächenansicht (Abb.34 d - f; 35 a; Taf.21 a - f)

Hyphen des Mantels teilweise mit ca.1 µm, selten 2 µm großen, doliporusähnlichen Strukturen (Taf. 21 d).

Manteloberfläche (Abb.34 d; Taf. 21 c) dicht plectenchymatisch mit stark verzweigten Hyphen und Anastomosen mit Septum. Hyphendurchmesser (4)5 - 6(8)µm, Wände leicht gelbgrün, unverdickt; Septenabstände (12)20 - 50(80) µm, nur einfache Septen erkennbar. Zwischen und in Hyphen manchmal Einlagerungen von bräunlichen granulären Substanzen (Taf.21 c). Manteloberfläche oft mit aufliegenden abziehenden Hyphen (Taf.21 b).

Tieferliegende Mantelschichten und Mantelinnenfläche wie Manteloberseite (Taf.21 d), aber ohne granuläre Substanzen.

Oberfläche der Mykorrhizenspitze wie Manteloberfläche, aber durch starke Verflechtung Struktur der einzelnen Hyphen kaum erkennbar, fast wie Pseudoparenchym mit länglich-angulären Zellen aussehend (Abb.35 a; Taf.21 f).

Von der Manteloberfläche abziehende Elemente (Abb.35 b, c; 36 a - j; Taf.21 b; 22 e - i).

Abziehende Hyphen und Rhizomorphenhyphen alle mit Schnallen; doliporusähnliche Strukturen nicht auffindbar.

Übergang der Mantelhyphen in abziehende Hyphen kontinuierlich; Hyphen mehrfach gabelig verzweigt (Abb.36 a, b;



Abb.33 - *Piceirhiza guttata*

2.12. Dermocybe cinnamomea (L.) Wünsche (Taf.21 u. 22)

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Landkreis Dachau, Günding, Fichtenwald, leg. R. Agerer 7.10.1884; Fruchtkörper und Mykorrhiza Herb. RA 10758 (in M).

Habitus (Abb.34 a - c)

Verzweigung unregelmäßig monopodial-pyramidal oder Seitenäste nach einer Seite gebogen, dadurch Eindruck einer sympodialen Verzweigung entstehend. Hauptachse und Seitenäste stark gebogen. Länge des Verzweigungssystems 3 - 15 mm; Länge der unverzweigten Seitenenden bis 4 mm; Durchmesser der Hauptachse 0,4 - 0,6 mm; Durchmesser der Seitenenden 0,3 - 0,4 mm.

Gesamte Mykorrhiza gelbgrün bis olivgrün, Spitzen etwas heller oder fast hyalin. Ältere Teile der Mykorrhiza oliv.

Manteloberfläche glänzend, fast überall von locker-strählig abziehenden Hyphen umhüllt, sich streckenweise zu Rhizomorphen bündelnd, dann z.T wieder aufgefächert (Abb.34c)

Mikroskopische Merkmale

Anatomie des Mantels in Flächenansicht (Abb.34 d - f; 35 a; Taf.21 a - f)

Hyphen des Mantels teilweise mit ca.1 µm, selten 2 µm großen, doliporusähnlichen Strukturen (Taf. 21 d).

Manteloberfläche (Abb.34 d; Taf. 21 c) dicht plectenchymatisch mit stark verzweigten Hyphen und Anastomosen mit Septum. Hyphendurchmesser (4)5 - 6(8)µm, Wände leicht gelbgrün, unverdickt; Septenabstände (12)20 - 50(80) µm, nur einfache Septen erkennbar. Zwischen und in Hyphen manchmal Einlagerungen von bräunlichen granulären Substanzen (Taf.21 c). Manteloberfläche oft mit aufliegenden abziehenden Hyphen (Taf.21 b).

Tieferliegende Mantelschichten und Mantelinnenfläche wie Manteloberseite (Taf.21 d), aber ohne granuläre Substanzen.

Oberfläche der Mykorrhizenspitze wie Manteloberfläche, aber durch starke Verflechtung Struktur der einzelnen Hyphen kaum erkennbar, fast wie Pseudoparenchym mit länglich-angulären Zellen aussehend (Abb.35 a; Taf.21 f).

Von der Manteloberfläche abziehende Elemente (Abb.35 b, c; 36 a - j; Taf.21 b; 22 e - i).

Abziehende Hyphen und Rhizomorphenhyphen alle mit Schnallen; doliporusähnliche Strukturen nicht auffindbar.

Übergang der Mantelhyphen in abziehende Hyphen kontinuierlich; Hyphen mehrfach gabelig verzweigt (Abb.36 a, b;

Taf.22 e), Anastomososen durch Kontaktschnallen miteinander verbunden (Abb.36 d - j; Taf.22 g).

Hyphendurchmesser (1,5)2,5 - 3,5(4) μm , Schnallenabstände 20 - 80 μm ; Wände leicht gelbgrün, unverdickt. Hyphen und besonders Hyphenenden manchmal mit bräunlichem, granulären Inhalt (Taf.21 b).

Rhizomorphen: gebündelte Hyphen ohne klare Abgrenzung, Eigenschaften der Rhizomorphenhyphen s. abziehende Hyphen; Durchmesser (2)2,5 - 3,5(4) μm gefunden; Verzweigung der Rhizomorphen durch Auffächerung (Abb.35 b, c; Taf.22 f,i).

Anatomie im Querschnitt (Taf.22 a, c)

Manteldicke 15 - 40 μm (70 μm , wenn abziehende Hyphen aufliegen); alle Zellschichten plectenchymatisch mit runden bis ovalen Zellen; Zellzwischenräume der äußeren Schichten manchmal mit olivbrauner Substanz ausgefüllt. Maße der Zellen: tangential (2)4 - 10(28) μm , radial 2 - 5(8) μm .

Wurzelhaubenderivate im innersten Mantelbereich schmal, langgestreckt.

Tanninzellen: Anzahl der Reihen: 1(2); tangential schmal-langgestreckt; Größe tangential (17)20 - 46(50) μm , radial 6 - 22(25) μm . Tct = 34,8 μm ; TCq = 3,0.

Rindenzellen: Anzahl der Reihen (incl.Tanninzellen): 3 - 4; tangential-oval; Größe tangential (20)25 - 40 μm , radial 14 - 40 μm . CCT = 32,5 μm ; CCq = 1,4.

Hartigisches Netz: Dicke incl. Restzellwände um Tanninzellen: 2 - 15(17) μm , um Rindenzellen (1,5)2 - 4 (5) μm ; Anzahl der Hyphenreihen um Tanninzellen: 1 - 2 (3), um Rindenzellen: 1, selten 2; Hauptform der Hyphen um Tannin- und Rindenzellen rundlich. Einzelne Hyphe um Tanninzellen bis 10 μm im Durchmesser. Hartigisches Netz 1 - 2 Rindenzellschichten (incl. Tanninzellen) tief.

Rindenzellen manchmal mit blasigen Einstülpungen des Hartigischen Netzes; in innerster Rindenzellschicht manchmal kugelige Tannineinlagerungen.

Anatomie im Längsschnitt (Taf.22 b, d)

Mantelschichtung, Zellform und -maße dem Querschnitt entsprechend.

Tanninzellen tangential schmal, langgestreckt; Größe tangential (40)50 - 110 μm , radial 6 - 22(25) μm . Tct = 74,2 μm ; TCq = 5,0.

Rindenzellen tangential-oval bis rechteckig, langgestreckt; Größe tangential (30)50 - 120(130) μm , radial 14 - 40 μm . CCT = 84,9 μm ; CCq = 2,7.

Mykorrhizenspitze: Manteldicke und -aufbau wie im übrigen Längsschnitt;

Farbreaktionen des Mantels mit verschiedenen Reagentien:

Äthanol 70%: ---; Anilin:---; Baumwollblau: Wände blaugrün; Brillantkresylblau: Wände bläulich; Eisensulfat: Wände gelbgrün, Cytoplasma schwach gelbgrün; Guajak: Wände olivgrün, Cytoplasma schwach oliv; Kalilauge 15%: ---; Melzers Reagens: Wände gelbgrün, Cytoplasma schwach gelbgrün; Milchsäure: ---; Phenol: ---; Rutheniumrot: ---; Säurefuchsin: ---; Sulfovanillin: ---;

Autofluoreszenz:

Ganze Mykorrhiza: 254 nm: ---; 366 nm:---;

Querschnitte: UV Filter 340 - 380 nm: Mantel weißlich blau.

Blaufilter 450 - 490 nm: Mantel ocker bis gelbgrün.

Kernfärbung (KES)

Mantel: ein bis zwei 1,5 - 2 µm große, runde Kerne pro Zelle.

Abziehende Hyphen: mehrere (bis 6), runde, 1,5 µm große Kerne in regelmäßigen Abständen.

Identifizierung:

Die Identifizierung erfolgte durch den Vergleich mit der von Agerer (Referenzbeleg RA 10758, in M) gefundenen Ektomykorrhiza von Dermocybe cinnamomea (L.) Wünsche.

Untersuchtes Material:

Referenzbeleg;

Weiteres Material:

Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese:

- a) mit Belegen: A1, 1.4.86 (in M; wurde für die obenstehende Beschreibung verwendet); C1, 1.4.86 (in M); B1, 1.4.86 (in M); B2, 8.10.85 (in M);
b) ohne Belege: A1, 15.7.86; A1, 27.10.86; C1, 24.7.84; B1, 15.7.86; B2, 1.4.85.

Bezüglich Beschreibungen von Ektomykorrhizen der Gattung Dermocybe in der Literatur s. S. 178.

Wichtigste Merkmale der Ektomykorrhiza von Dermocybe cinnamomea

Die Mykorrhiza von Dermocybe cinnamomea ist durch die gelbgrüne bis olivgrüne Farbe und die geschlängelten Achsen und Seitenäste unverwechselbar gekennzeichnet; die fächrig abziehenden Hyphen sind streckenweise zu undif-

ferenzierten Rhizomorphen gebündelt. Alle Mantelschichten sind dicht plectenchymatisch mit z.T. bräunlich granulären Einlagerungen zwischen und in den Hyphen (Manteloberfläche). Die abziehenden Hyphen (Durchmesser (1,5) 2,5 - 3,5 (4) μm) tragen durchwegs Schnallen und sind durch Kontaktschnallen miteinander verbunden; granulärer, bräunlicher Inhalt ist auch hier z.T. vorhanden.

LEGENDE zu Abb.34 - 36.

Abb.34 - Dermocybe cinnamomea - (a, b, c) Habitus, verschiedene Maßstäbe; (d) Mantelaufsicht und (e, f) Mantelinnenansicht, dicht plectenchymatisch. Alle Abbildungen von A1, 1.4.86.

Abb.35 - Dermocybe cinnamomea - (a) Mantelaufsicht der Mykorrhizenspitze; (b, c) Rhizomorphe mit abzweigenden Hyphen; Anastomosen mit Kontaktschnallen. Alle Abbildungen von A1, 1.4.86.

Abb.36 - Dermocybe cinnamomea - (a - j) abziehende Hyphen; (a - d) verschiedene Verzweigungsformen, Hyphen mit etwas unterschiedlichen Durchmessern; (e - j) Hyphen durch Anastomosen mit Kontaktschnallen verbunden. Alle Abbildungen von A1, 1.4.86.

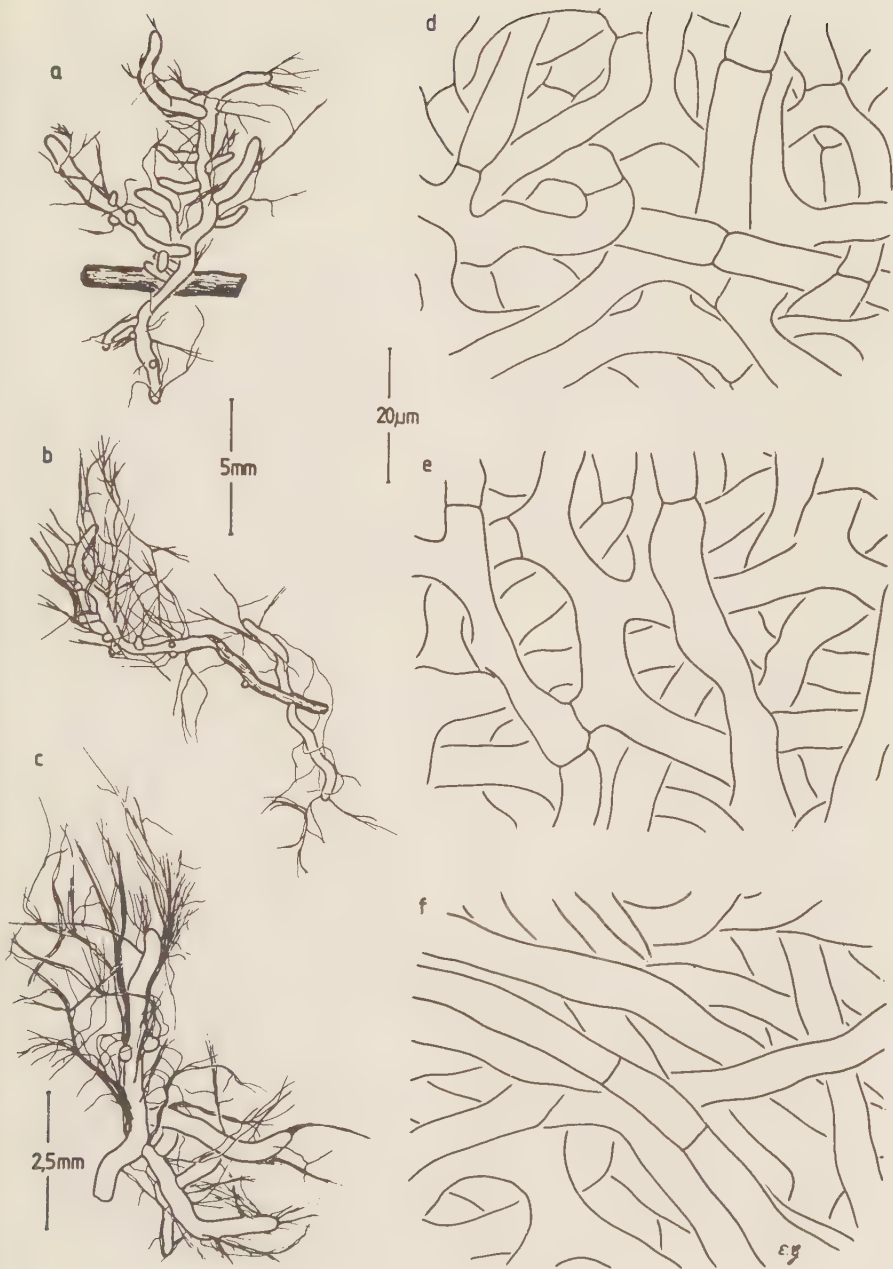


Abb.34 - *Dermocybe cinnamomea*



Abb.35 - *Dermocybe cinnamomea*

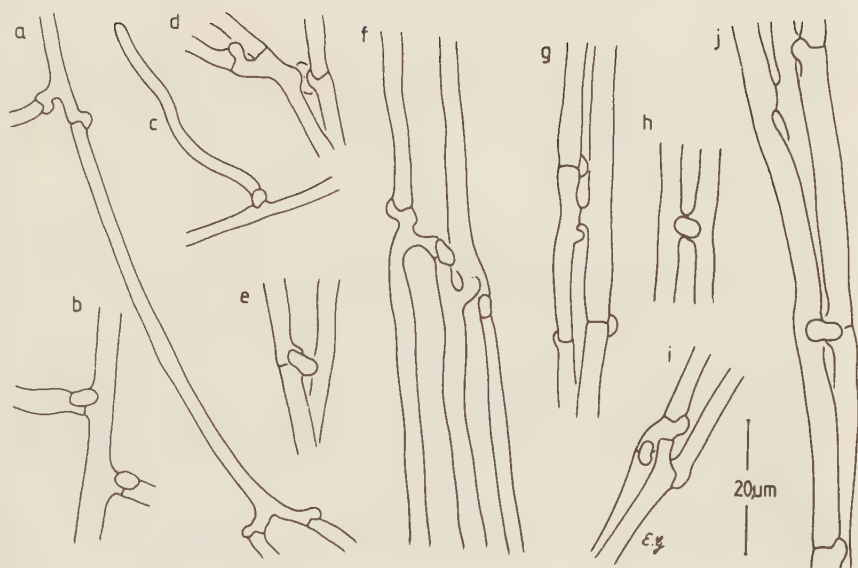


Abb.36 - *Dermocybe cinnamomea*

2.13. Piceirhiza conspicua*) (Taf.23, 24 u. 25)

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese: Fläche B2, 19.6.86, leg. E.Gronbach (M).

Habitus (Abb.37 a)

Verzweigung unregelmäßig monopodial-pyramidal; Hauptachse und Seitenäste fast gerade; Hauptachse manchmal nur teilweise vom Hyphenmantel bedeckt, Seitenäste z.T. mit perlschnurartigem Wachstum. Länge des Verzeigungssystems 3 - 22 mm; Länge der unverzweigten Seitenenden bis 4 mm; Durchmesser der Hauptachse 0,4 - 0,5 mm; Durchmesser der Seitenenden 0,3 - 0,4 mm.

Seitenenden hellbraun bis ocker, unmittelbare Spitzen heller bis hyalin; ältere Teile der Mykorrhiza braun bis dunkelbraun.

Manteloberfläche glatt, glänzend, Rindenzellen manchmal durchscheinend; vereinzelt abziehende, hyaline Hyphen und wenige Rhizomorphen.

Mikroskopische Merkmale

Anatomie des Mantels in Flächenansicht (Abb.37 b -d; 38 a; Taf.23 a - e).

Mantelhyphen teilweise mit doliporusähnlichen Strukturen (Durchmesser 1 (2) μm) (Abb.40 d, f, j; Taf.23 e).

Manteloberfläche dicht plectenchymatisch, Zellgrenzen z.T. kaum erkennbar, da Hyphen sehr stark verflochten (Abb.37 b, c; Taf.23 a, b). Hyphen mehrfach verzweigt, Anastomosen ohne Septen (Abb.40 f, g); Hyphendurchmesser 2 - 3(5) μm , Wände unverdickt, hyalin; Septenabstände 10 - 40 μm , Hyphen mit Schnallen, dazwischen oft einfache Septen. Hyphen stellenweise bis 16 μm aufgebläht (Abb.38 b; 40 e) oder manchmal mit verbreiterten Enden (bis 14 μm) (Abb.40 j). Spezielle, stark lichtbrechende Hyphen hauptsächlich auf und in den oberen Mantelschichten (Abb.37 c; 38 c; Taf.23 c): Durchmesser 3 - 14 μm , Hyphen mit Schnallen (Abstände 10 - 100 μm) und einfachen Septen (Abstände 6 - 40 μm); Hyphen unregelmäßig ausgebuchtet, gesamte Hyphe stark lichtbrechend oder mit sehr kleinem Lumen in der Mitte (1 - 4 μm) (Abb.40 h). Direkter Übergang der norma-

*) Etymologie: conspicua (lat.) = ansehnlich, auffallend, bezieht sich auf die vereinzelt, stark lichtbrechenden, auffälligen Hyphen des Mantels und der Rhizomorphen.

len Mantelhyphen in derartig gestaltete Hyphen manchmal erkennbar (Abb.40 h).

Tieferliegende Mantelschichten und Mantelinnenfläche wie Manteloberseite (Abb.37 d; Taf.23 e).

Oberfläche der Mykorrhizenspitze dicht plectenchymatisch, Hyphengestalt kaum erkennbar; Zellen epidermoid erscheinend, unregelmäßig oval bis länglich (Abb.38 a; Taf.23 d); Zell-Länge 6 - 15 μm , Durchmesser 2 - 6 μm ; Anzahl der Zellen in 20 x 20 μm : 10 - 14.

Von der Manteloberfläche abziehende Elemente (Abb.38 d - f; 39 a - g; Taf.24 c - h).

Abziehende Hyphen manchmal mit kleiner, ovaler Basalzelle, Durchmesser ca. 1 - 3 μm größer als Hyphendurchmesser (Abb.38 e). Hyphen mehrfach gabelig verzweigt, Anastomosen ohne Septen, Durchmesser 2,5 - 5(7) μm , Hyphen meist mit Schnallen (Abstand 10 - 120 μm), selten mit einfachen Septen (Abstand 6 - 40 μm); Zellwände hyalin, unverdickt oder bis ca. 1,3 μm (verquollen), selten stärker, dann Lumen nur noch 1 - 2 μm (Abb. 38 f, 40 h). Verdickte Hyphenwände stark lichtbrechend.

Rhizomorphen

Typ 1: aus locker verwundenen oder zopfig verdrehten abziehenden Hyphen, Durchmesser der Rhizomorphen 16 - 40 μm (Abb.39 c; Taf.24 c, h).

Typ 2: aus locker verwundenen abziehenden Hyphen die mit 'speziellen' Hyphen durchsetzt sind (Abb.38 a, b; Taf.24 d - f); Durchmesser der Rhizomorphen 16 - 100 μm .

'Spezielle' Hyphen gabelig verzweigt, stellenweise beulig verbreitert, Durchmesser 5 - 8 (13) μm , Abstand der einfachen Septen 5 - 60 μm , Abstand der Schnallen 40 - 70 μm ; Wände stark lichtbrechend, 1 - 6 μm dick (verquollen) manchmal mehrschichtig erscheinend (Abb.39 d,e; Taf.24 d). Wandstärke innerhalb einer Hyphe variierend. Basalzelle sockelartig verbreitert (bis 15 μm). Manchmal doliporus-ähnliche Strukturen (ca. 1 μm) erkennbar.

Einfache Hyphen z.T. mit von Septum zu Septum wachsenden, oder seitlich auswachsenden, intrahyphalen, hyalinen Hyphen (Abb.39 f, g).

Anatomie im Querschnitt (Abb. 40 d; Taf.23 f; 24 b)

Manteldicke 10 - 45(80) μm (s.Längsschnitt Taf.23 g; 25 a, c); alle Zellschichten plectenchymatisch, Zellen rund bis oval.

Maße der Zellen: tangential 2 - 7(20) μm , radial 2 - 5(7) μm .

Angeschnittene großlumige Hyphen der äußeren und mittleren Zellschichten bis 16 μm im Durchmesser (Taf.23 g); 'Spezielle' dickwandige Hyphen bis 14 μm im Durchmesser (Taf.24 b)

Selten großlumige Hyphen auch in der innersten Zellschicht (Abb.40 d)

Wurzelhaubenderivate im innersten und mittleren Mantelbereich tangential schmal, langgestreckt.

Tanninzellen: Anzahl der Reihen: 1 -2; tangential schmal-oval; Größe tangential 25 - 60 μm , radial (7)10 - 35 (45) μm . Tct = 40,6 μm ; TCq = 2,9.

Rindenzellen: Anzahl der Reihen (incl.Tanninzellen): 5; tangential-oval; Größe tangential (15)20 - 45 μm , radial (12)15 - 35(45) μm . CCt = 32.1 μm ; CCq = 1.8.

Hartigsches Netz (Abb.40 d; s.Längsschnitt Abb. 40 a, b; Taf. 23 h) und Dicke incl. Restzellwände um Tanninzellen: 2 - 10 μm , um Rindenzellen 2 - 4 μm . Anzahl der Hyphenreihen um Tanninzellen: 1 - 2, um Rindenzellen: 1. Hauptform der Hyphenzellen um Tannin- und Rindenzellen rund bis oval. Einzelne Hyphe um Tanninzellen bis 7 μm im Durchmesser. Hartigsches Netz 3 -5 Rindenzellschichten (incl. Tanninzellen) tief.

Tanninzellen teilweise von Hyphen durchwachsen; Rindenzellen manchmal mit blasigen Einstülpungen des Hartigschen Netzes, Tannineinlagerungen sowie intrazellulären Infektionen (s. Längsschnitt Abb.40 c; Taf.25 b).

Anatomie im Längsschnitt (Abb.40 a - c; Taf.23 g, h; Taf. 25 a - c).

Mantelaufbau dem Querschnitt entsprechend; Zellen rund bis tangential-oval, Abmessungen s. Querschnitt.

Mantel stellenweise dünn (20 μm , ca. 7 Schichten) oder bis 40 μm mit mehr Zellschichten (an demselben Schnitt); Dickerer Abschnitt mit schmalen langgestreckten Wurzelhaubenderivaten im inneren und mittleren Mantelbereich (Taf. 25 a); großlumige Zellen hier in der innersten Mantelschicht (Taf.25 c).

HN auf den Rindenzellen mit sehr stark zerteilten Palmetti (Taf. 23 h) und bäumchenartigen Einwüchsen in die Rindenzellen (Abb.40 a - c).

Tanninzellen tangential schmal-oval, langgestreckt; Größe tangential 75 - 120(180) μm , radial (7)10 - 35(45) μm . Tct = 98,4 μm ; TCq = 3,8.

Rindenzellen tangential schmal-oval, langgestreckt; Größe tangential 90 - 130(140) μm , radial (12)15 - 35(45) μm .

Cct = 108,2 μ m; CCq = 3,9.

Mykorrhizenspitze: Manteldicke und -aufbau wie im übrigen Längsschnitt.

Farbreaktionen des Mantels mit verschiedenen Reagentien:

Äthanol 70%: ---; Anilin:---; Baumwollblau: Wände bläulich; Brillantkresylblau: ---; Eisensulfat: Wände leicht gelbgrün; Formol: ---; Kalilauge 15% ---; Melzers Reagens: Wände gelblich; Milchsäure: ---; Phenol: ---; Rutheniumrot: ---; Säurefuchsin: Wände leicht rosa; Sulfovanillin: Wände leicht rosa.

Autofluoreszenz:

Ganze Mykorrhiza: 254 nm:---; 366 nm:---;

Querschnitte: UV Filter 340 - 380 nm: Mantel weißlich bis blaugrün. Blaufilter 450 - 490 nm: Mantel hellgelb bis ocker.

Kernfärbung (KES) (Taf.24 a)

Ein Kern pro Zelle (1)2(3) μ m im Durchmesser, rund; oder ein Kernpaar pro Zelle, einzelner Kern 1 - 1,5(2) μ m im Durchmesser.

Untersuchtes Material:

Referenzbeleg;

Weiteres Material:

Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese;

a) mit Belegen: A1, 16.9.86 (in M); C1, 29.10.86 (in M); B1, 27.8.86 (in M).

b) ohne Belege: B2, 16.9.86;

Wichtigste Merkmale von Piceirhiza conspicua

Die hellbraun bis ockerfarbene Mykorrhiza von Piceirhiza conspicua kann mit der fleischfarbenen aber z.T. auch ockerfarbenen Mykorrhiza von Hygrophorus pustulatus, verwechselt werden, da beide Mykorrhiza-Arten eine glatte Manteloberfläche besitzen, hyaline abziehende Hyphen und wenige Rhizomorphen.

Die Manteloberfläche ist jedoch bei Piceirhiza conspicua dicht plectenchymatisch und bei Hygrophorus pustulatus pseudoparenchymatisch mit epidermoiden Zellen. Ein weiterer Vergleich ist daher nicht notwendig; im folgenden einige der wichtigsten Merkmale von Piceirhiza conspicua: Die Manteloberfläche besteht aus dicht verflochtenen, hyalinen Hyphen (Durchmesser 2 -3(5) μ m), die stellenweise bis 16 μ m aufgebläht sind. Stark lichtbrechende Hyphen

(Durchmesser 3 - 14 μm), die abrupt wieder in normale Mantelhyphen übergehen, durchsetzen die obersten Mantelschichten. Alle Hyphen besitzen Schnallen und einfache Septen. Die abziehenden Hyphen sind meist hyalin (Durchmesser 2,5 - 5 (7) μm) und manchmal locker zu zopfigen Rhizomorphen verdreht. Einige der Rhizomorphen sind mit ausgebuchteten, dickwandigen, stark lichtbrechenden Hyphen (Durchmesser 5 - 8(13) μm) durchsetzt.

LEGENDE zu Abb.37 - 40.

Abb.37 - Piceirhiza conspicua - (a) Habitus, Hauptachse nur teilweise vom Hyphenmantelbedeckt; (b und c) Mantelaufsicht, dichtes Plectenchym mit einzelnen, vergrößerten, stark lichtbrechenden Hyphen; (d) innerste Mantelschicht, dicht plectenchymatisch. Alle Abbildungen von B2, 19.6.86.

Abb.38 - Piceirhiza conspicua - (a) Mantelaufsicht auf die Mykorrhizenspitze; (b) aufgeblähte Mantelhyphen mit auswachsenden abziehenden Hyphen; (c) vergrößerte, stark lichtbrechende Mantelhyphen mit (c', s. Pfeile) direktem Übergang in hyaline, dünnwandige Mantelhyphen; (d) Enden der abziehenden Hyphen mit verschiedenen Wandstärken; (d', s. Pfeil) nach dem Septum Änderung der Wandstärke; (e) abziehende Hyphen mit Basalzelle; (f) abziehende Hyphen mit verschiedenen Wandstärken, glatten oder ausgebuchteten Wänden, gabeliger Verzweigung und Anastomosen ohne Septum. Alle Abbildungen von B2, 19.6.86.

Abb.39 - Piceirhiza conspicua - (a und b) differenzierte Rhizomorphen; dünnwandige, hyaline und dickwandige, ausgebuchtete, stark lichtbrechende Hyphen mit relativ großem Durchmesser nebeneinander; (a') aus dickwandiger Hyphe apikal auswachsende, hyaline Hyphe; (c) undifferenzierte Rhizomorphe aus (c') gabelig verzweigten, dünnwandigen Hyphen; (d) dickwandige Hyphe der Rhizomorphe mit Basalzelle; (e und e') nach dem Septum Übergang von verdickter Zellwand in einfache dünne Wand (s. Pfeile); (f und g) intrahyphale Hyphen, bei (g) seitlich auswachsend. Alle Abbildungen von B2, 19.6.86.

Abb.40 - Piceirhiza conspicua - (a und b) Längsschnitt, Hartigsches Netz (HN) auf Rindenzellen (Riz) und bäumchenartige Einwachsungen in Rindenzellen; (c) intrazelluläre Hyphen (izH) in Rindenzellen; (d) Querschnitt, aufgeblähte Mantelhyphen (TZ = Tanninzellen); (e - j) Mantelhyphen; (f und g) mit Anastomosen; (h) ausgebuchtete Mantelhyphe mit verdickter Zellwand und nach Septum Übergang in dünnwandige Mantelhyphe (s. Pfeile); (j) Hyphenenden verbreitert. Alle Abbildungen von B2, 19.6.86.

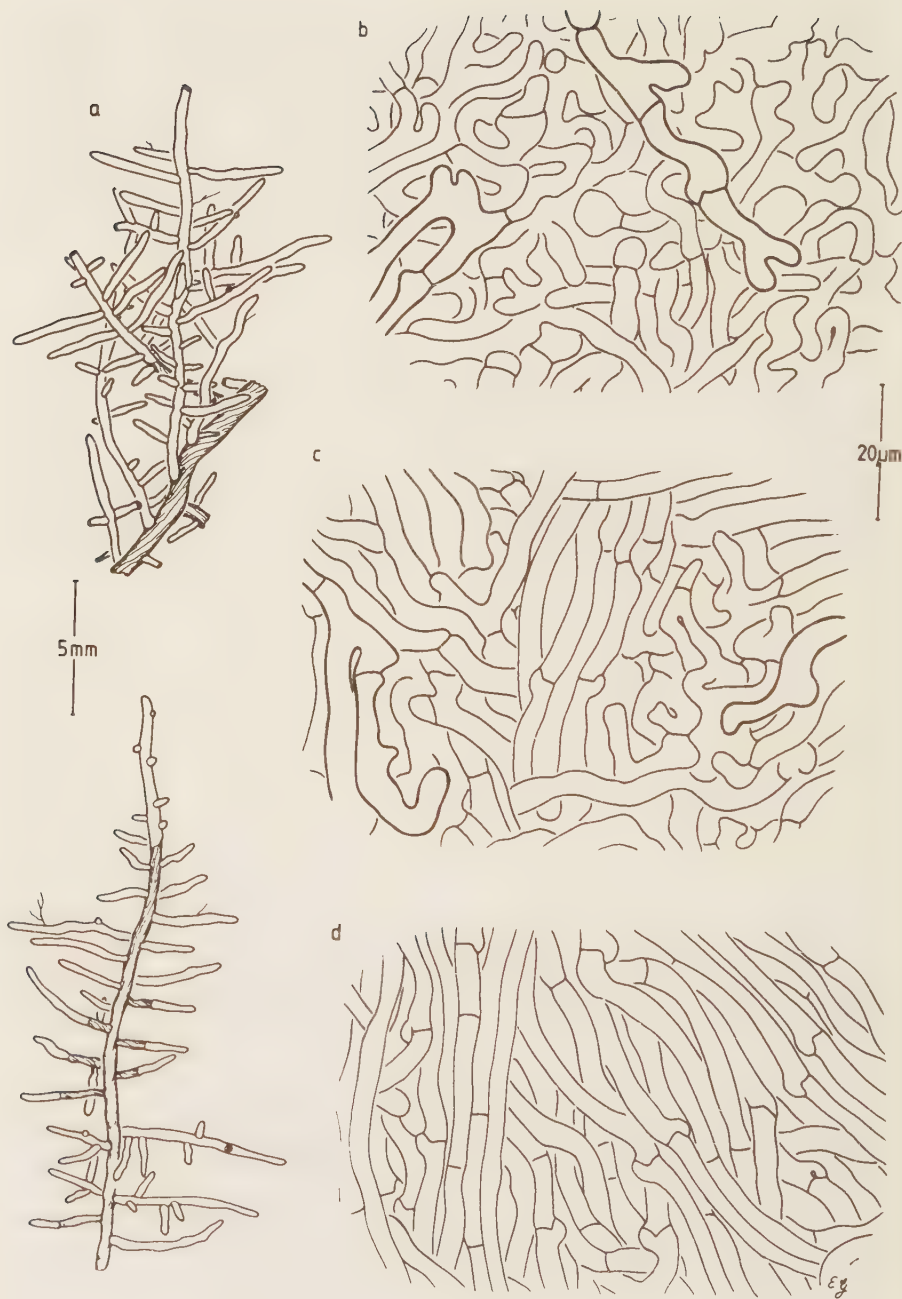


Abb.37 - *Piceirhiza conspicua*



Abb.38 - *Piceirhiza conspicua*

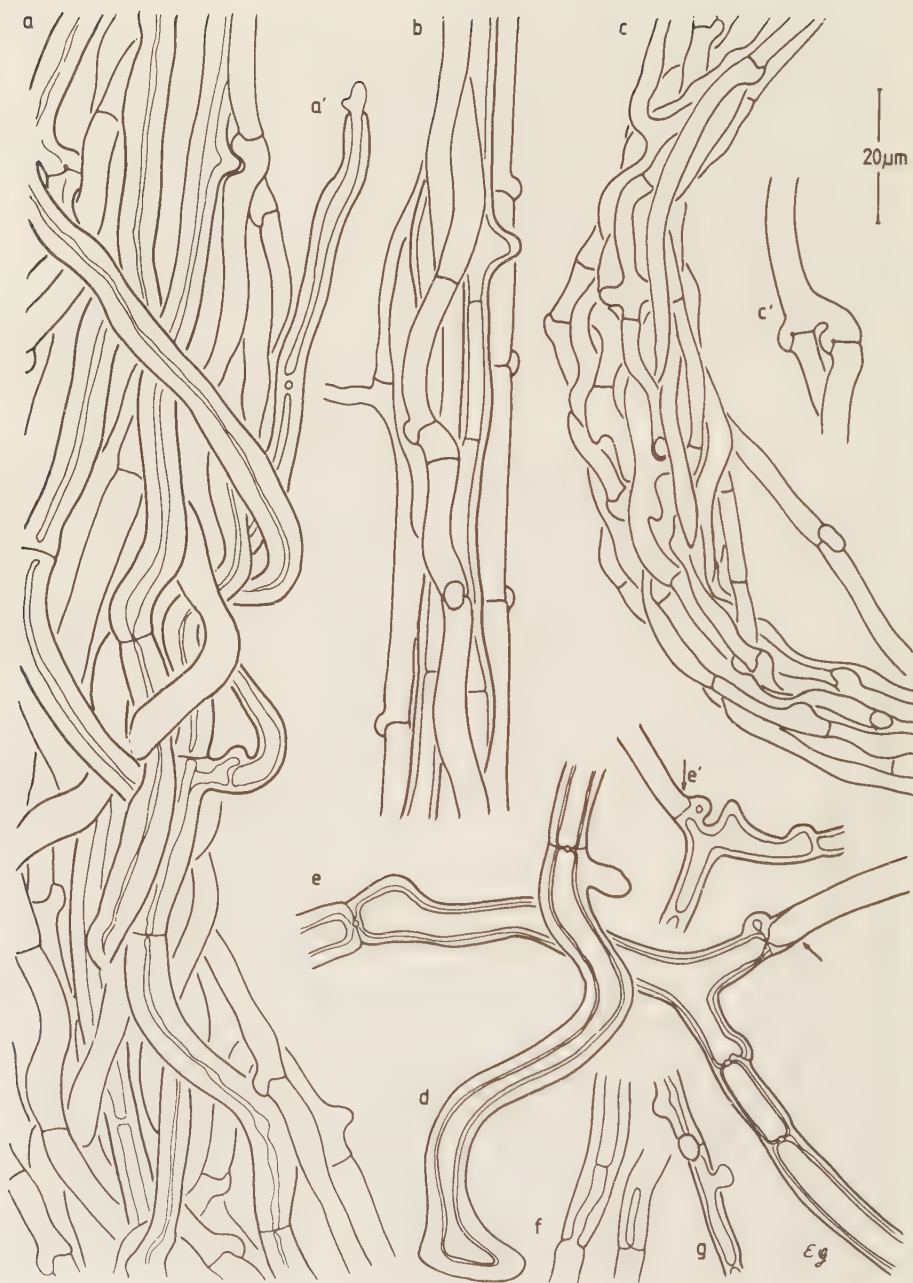


Abb.39 - *Piceirhiza conspicua*



Abb.40 - *Piceirhiza conspicua*

2.14. Piceirhiza rufosimilis*) (Taf.26 u. 27)

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese: Fläche B1, 29.10.86, leg. E. Gronbach (M).

Habitus (Abb.41 a)

Verzweigung unregelmäßig monopodial, z.T. pyramidal; Hauptachse und Seitenäste gerade oder wenig gebogen, Enden etwas dünner. Länge des Verzweigungssystems 3 - 23 mm; Länge der unverzweigten Seitenenden bis 6 mm; Durchmesser der Achsen 0,4 - 0,7 mm; Durchmesser der Seitenenden 0,3 - 0,6 mm.

Seitenenden orangebraun bis braun, unmittelbare Spitzen heller bis weißlich; ältere Teile der Mykorrhiza dunkelbraun.

Manteloberfläche glatt, glänzend, mit wenigen abziehenden Hyphen; Rhizomorphe wurde nur eine gefunden;

Mikroskopische Merkmale

Anatomie des Mantels in Flächenansicht (Abb.41 b - d; 42 a - e; 43 a, b; Taf.26 a - f; 27 a - e).

Hyphenmantel in 7 verschieden strukturierte Schichten unterteilt (von außen nach innen). In allen Schichten doli-porusähnliche Strukturen (kleiner 1 µm) erkennbar.

1.Schicht: stark verzweigte, ausgebuchtete, anastomosierende Hyphen liegen wie ein lockeres Netz auf der 2. kompakten Schicht, gehen auch in diese über (Abb.41 c, d; Taf.26 a, b). Hyphenenden oft stark verbreitert bis 17 µm, Durchmesser an Septenstellen 3 - 5 µm, Septenabstände 3 - 5 µm, selten bis 2µm verdickte Septen (möglicherweise am Septum zusammengedrückte Plasmareste) (Abb.43 d); Hyphenwände unverdickt.

2.Schicht: pseudoparenchymatisch, Hyphenzellen länglich, epidermoid, Wände orangegelb, 1 - 3(7) µm dick, mit zapfenartig verdickten Vorsprüngen. Zell-Länge 8 - 25 µm, Zell-Durchmesser 2 - 20 µm. Anzahl der Zellen in 20 x 20 µm: 6 - 7 (8). (Abb.41 b; 42 a; Taf.26 c).

3.Schicht: Struktur wie 2.Schicht, Zellen etwas größer und

*) Etymologie: rufosimilis (lat.), bezieht sich auf die Ähnlichkeit mit in der Literatur beschriebenen Ektomykorrhizen von Lactarius rufus (Scop.) Fr.. Zudem wurde der Beleg RA 10968 unter dem Fruchtkörper von Lactarius rufus gefunden.

Wände maximal nur 1 μm dick (außer zapfenartige Vorsprünge). Zell-Länge 10 - 30 μm , Zell-Durchmesser 3 - 27 μm . Anzahl der Zellen in 20 x 20 μm : 5 - 7 (8), (Abb.42 b; Taf.26 d).

4.Schicht: Struktur ähnlich wie oben, Zellen aber länger (10 - 40 μm), schmaler (3 - 13 μm), kaum ausgebuchtet; Wanddurchmesser kleiner 0,5 μm (außer Vorsprünge). Anzahl der Zellen in 20 x 20 μm : 5 - 7, (Abb.42 c; Taf. 26 e).

5.Schicht: Übergang Pseudoparenchym/Plectenchym; Zellwände dünn, ohne Vorsprünge; Zellen fast angular. Zell-Länge 5 - 25 μm , Durchmesser 3 - 8 (13) μm . Lactiferen gut sichtbar (Abb.42 d; Taf.26 f).

6.Schicht: wie 5.Schicht, jedoch stark mit Lactiferen durchsetzt. Lactiferen lichtbrechend, teilweise mit tropfenartigen Strukturen, gabelig oder sternförmig verzweigt, Durchmesser 3 - 10 μm , Septenabstände 15 - 90 μm (Abb.42 d, e; Taf.27 a - c).

7.Schicht = Mantelinnenfläche: dicht plectenchymatisch, Hyphen über längere Strecken parallel verlaufend, wenig verzweigt, anastomosierend. Hyphendurchmesser 3 - 4 μm , Septenabstände 13 - 80 μm (Abb.42 e; 43 a; Taf.27 d, e). Oberfläche der Mykorrhizenspitze wie Manteloberfläche; alle Schichten mit kleineren Zellen, z.B. 2.Schicht: Zell-Länge 5 - 15 μm , Durchmesser 3 - 15 μm ; Anzahl der Zellen in 20 x 20 μm : 9 - 12 (Abb.43 b).

Von der Oberfläche abziehende Elemente: (Abb.43 f, g; Taf.27 f).

Nur drei abziehende Hyphen wurden gefunden: Durchmesser 2,5 - 3 μm , Septenabstand 23 μm und mehr (Abb.43 f).

Nur eine Rhizomorphe: kompakt, drehrund, zopfig verdreht, Durchmesser 9 μm . Durchmesser der einzelnen Hyphen 2,5 - 3 μm , Septenabstände 4 - 55 μm , manche bis 1,5 μm verdickt (zusammengedrückte Plasmareste?). Wände orangegelb, unverdickt, nur an einer Stelle bis 2 μm aufgequollen (Abb.43 g; Taf.27 f).

Anatomie im Querschnitt (Taf.27 i)

Manteldicke 30 - 50 μm ;

Differenzierung des Mantels in außen locker auflagernde Hyphenschicht, anschließend kompaktes Pseudoparenchym; mittlere Übergangsschichten mit Lactiferen (im Schnitt selten erkennbar) und innerste Zellschichten plectenchymatisch

Maße der auflagernden Hyphen: Durchmesser 3 - 5(17) μm .

Maße der Zellen der pseudoparenchymatischen Außenschicht: tangential (2)4 - 20 μm ; radial 2 - 8 μm .

Maße der Zellen der Übergangsschicht: tangential 3 - 12 μm ; radial 2 - 7 μm .

Maße der Zellen der plectenchymatischen Innenschicht:

tangential (2) 3 - 6(13) μm ; radial (1)3 - 4(5) μm .
Wurzelhaubenderivate in der innersten Zellschicht, schmal, langgestreckt.

Tanninzellen: Anzahl der Reihen: 2 (3); tangential-oval; Größe tangential (14)20 - 35 μm ; radial (7)9 - 17(22) μm .
Tct = 27,2 μm ; TCq = 2,3.

Rindenzellen: Anzahl der Reihen (incl. Tanninzellen) 5 - 6, tangential-oval; Größe tangential (13)15 - 40 μm ; radial (10)13 - 30 μm . CCT = 25,2 μm ; CCq = 1,5.

Hartigsches Netz: Dicke incl. Restzellwände um Tanninzellen: 3 - 8(12) μm ; um Rindenzellen: 2 - 3(5) μm . Anzahl der Hyphenreihen um Tanninzellen: 1 - 2; um Rindenzellen: 1. Hauptform der Hyphenzellen um Tannin- und Rindenzellen rundlich - oval. Hartigsches Netz 3 Rindenzellschichten (incl. Tanninzellen) tief.

Tanninzellen manchmal von Hyphen durchwachsen (Taf.27 h).

Anatomie im Längsschnitt (Taf.27 g)

Mantelschichtung dem Querschnitt entsprechend.

Maße der auflagernden Hyphen: 3 - 5 (17 μm).

Maße der Zellen der äußersten pseudoparenchymatischen Schicht: tangential (2) 7 - 20 (25) μm ; radial 2 - 8 μm .

Maße der Zellen der Übergangsschicht Pseudoparenchym/Plectenchym: tangential (2)3 - 18(30) μm ; radial 2 - 7 μm .

Maße der Zellen der plectenchymatischen Innenschicht: tangential (2)3 - 10(18) μm ; radial (1)3 - 4(5) μm .

Tanninzellen tangential schmal, langgestreckt; Größe tangential (30)40 - 100(110) μm ; radial (7)9 - 17(22) μm .

Tct = 68,1 μm ; TCq = 5,6.

Rindenzellen tangential schmal-oval bis rechteckig; Größe tangential (35)50 - 85(100) μm ; radial (10)23 - 30 μm .

Cct = 69,5 μm ; CCq = 3,6.

Mykorrhizenspitze: Manteldicke und -aufbau wie im übrigen Längsschnitt, Zellen der äußeren und mittleren Schichten kleiner. Äußerste Rindenzellreihe mit Tanninen angefüllt.

Farbreaktionen konnten nicht durchgeführt werden, da diese Mykorrhiza-Art erst als solche bei Aufarbeitung des FAA-Materials erkannt wurde. Die Farbe des Frischmaterials wurde jedoch notiert (s. Habitus).

Autofluoreszenz:

Ganze Mykorrhiza: 254 nm: ---; 366 nm: ---;

Querschnitte: UV Filter 340 - 380 nm: Mantel außen hellblau, innen: ---; Blaufilter 450 - 490 nm: Mantel außen hellgelb, innen schwach gelb;

Kernfärbung (KES)

Manteloberseite: Kernpaare mit 1 - 1,5 µm Durchmesser, oder einzelne Kerne mit 2 µm Durchmesser; nicht erkennbar wieviele Kernpaare bzw. Kerne pro Zelle; Kerne nur schwach anfärbbar.

Untersuchtes Material:

Referenzbeleg;

Weiteres Material:

Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese: zwischen Fläche B1 und B2, 29.10 86 (in M); RA 10968, 25.10.86 (in M).

Bezüglich Beschreibungen von *Piceirhiza rufosimilis* in der Literatur s. S. 180.

Siehe auch Beschreibungen von Ektomykorrhizen der Gattung *Lactarius* S. 179.

Wichtigste Unterscheidungsmerkmale der von *Lactarius*-Arten gebildeten Ektomykorrhizen *Piceirhiza rufosimilis*, *Lactarius decipiens* und *Lactarius theiogalus*.

Diese drei Mykorrhizen fallen durch einen glatten, orange-braunen Hyphenmantel auf, ältere Mykorrhizen sind braun (durchscheinendes Wurzelgewebe), ockerbraun oder ocker. *Piceirhiza rufosimilis* (wahrscheinlich gebildet von *Lactarius rufus*, s. Punkt IV. 1.1.11), die Mykorrhiza von *Lactarius decipiens* und *Lactarius theiogalus* haben wenige abziehende, hyaline Hyphen (Durchmesser 2 - 4 µm) mit einfachen Septen und vereinzelt glatte, drehrunde, zopfige Rhizomorphen; der Mantel ist mit Lactiferen durchsetzt. Die Abgrenzung der Arten voneinander wird durch eine Untersuchung der Mantelstrukturen incl. Lactiferen möglich.

Bei *Piceirhiza rufosimilis* besteht die äußerste pseudoparenchymatische Mantelschicht aus epidermoiden Zellen, ist aber locker von einem Netz ausgebuchteter Hyphen (Durchmesser an Septenstellen 3 - 5 µm, an verbreiterten Enden bis 17µm) überdeckt. Weiters lassen sich hier von außen nach innen insgesamt 7 etwas unterschiedlich gestaltete Schichten erkennen, die septierten Lactiferen befinden sich hauptsächlich in der 5. und 6. Schicht. Die innerste Schicht ist dicht plectenchymatisch.

Die Manteloberflächenzellen der Mykorrhizen von *Lactarius decipiens* und *Lactarius theiogalus* sind angular bis unregelmäßig rundlich-oval und eine Überlagernde Hyphen-schicht ist nicht vorhanden. Der Mantel ist nur differenziert in außen pseudoparenchymatische und innen plectenchymatische Zellschichten.

Die Lactiferen befinden sich in den mittleren und inneren Zellschichten und sind bei Lactarius decipiens regelmäßig septiert, bei Lactarius theiogalus unseptiert. Dies trifft auch für die Lactiferen der Rhizomorphen zu.

Die Hyphenwände einer Rhizomorphe von Lactarius theiogalus waren stark gelatinös verquollen. Dieser Unterschied ist jedoch nicht abgesichert, da zu wenige Rhizomorphen gefunden wurden.

In FAA konservierte Mykorrhizen von Lactarius theiogalus nehmen eine orange Farbe an, die von Lactarius decipiens werden weißlich ocker.

LEGENDE zu Abb.41 - 43.

Abb.41 - Piceirhiza rufosimilis - (a) Habitus; (b) 2. Mantelschicht (von außen nach innen): Pseudoparenchym mit epidermoiden Zellen und verdickten Wänden; (c und d) äußerste (1.) Mantelschicht: (c) lockeres Plectenchym aus verzweigten, anastomosierenden Hyphen, in 2. Schicht übergehend (s. Pfeil); (d) Plectenchym hier etwas dichter. Alle Abbildungen von B1, 29.10.86.

Abb.42 - Piceirhiza rufosimilis - (a - e) Mantelschichten von außen nach innen; (a) 2. Schicht: pseudoparenchymatisch mit epidermoiden Zellen, aber mit z.T. erkennbarem Hyphenverlauf und doliporusähnlichen Strukturen; (b) 3. Schicht: Wände etwas dünner; (c) 4. Schicht: unverdickte Wände, kaum mehr ausgebuchtet; (d) 5. Schicht: Übergang Pseudoparenchym/Plectenchym mit darunterliegenden, verzweigten Lactiferen; (e) 6. Schicht: plectenchymatisch mit verzweigten und septierten Lactiferen. Alle Abbildungen von B1, 29.10.86.

Abb.43 - Piceirhiza rufosimilis - (a) Mantelinnenfläche, Hyphen mit Anastomosen; (b) Mantelaufsicht der Mykorrhizenspitze; (c, d und e) unregelmäßig ausgebuchtete, verzweigte und anastomosierende Hyphen der äußersten Mantelschicht, (d) mit verdickten Septen, (e) Hyphengestalt ähnelt epidermoiden Pseudoparenchymzellen s. Abb.2 a; (f) abziehende Hyphe; (g) Rhizomorphe mit z.T. verquollener Hyphenwand. Alle Abbildungen von B1, 29.10.86.

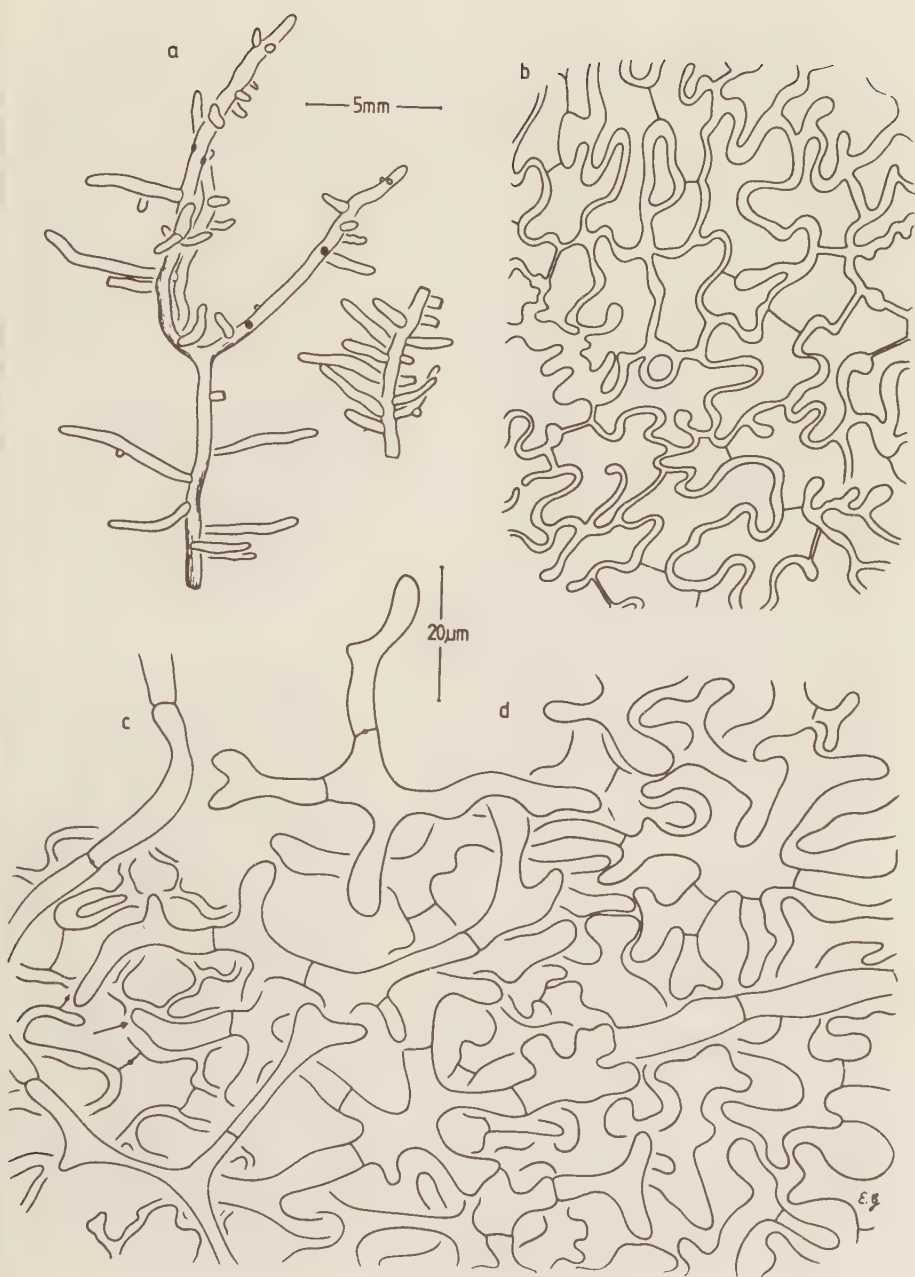


Abb.41 - *Piceirhiza rufosimilis*



Abb.42 - *Piceirhiza rufosimilis*



Abb.43 - *Piceirhiza rufosimilis*

2.15. Lactarius decipiens Quel. (Taf.28 u. 29)

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese: Fläche B2, 12.9.85, leg. E. Gronbach (M).

Habitus (Abb.44 a)

Verzweigung unregelmäßig monopodial-pyramidal; Hauptachse und Seitenäste meist gerade, Enden stumpf abgerundet. Länge des Verzweigungssystems 2,5 - 23 mm; Länge der unverzweigten Seitenenden bis 2 mm; Durchmesser der Achsen 0,4- 0,8 mm; Durchmesser der Seitenenden 0,3 - 0,4 mm. Seitenenden ocker bis orangebraun, unmittelbare Spitzen heller bis weißlich; ältere Teile der Mykorrhiza ockerbraun. Mykorrhiza in FAA weißlich-ocker. Manteloberfläche glatt, glänzend, mit wenigen abziehenden Hyphen; Rhizomorphen selten auffindbar, glatt, drehrund;

Mikroskopische Merkmale

Anatomie des Mantels in Flächenansicht (Abb.44 b - d; Abb. 45 c, d; Taf.28 a - g).

Manteloberfläche (Abb. 44 b - d; Taf. 28 a - c) pseudoparenchymatisch, Zellen angular bis unregelmäßig rundlich oder oval; Zell-Länge 4 - 32 μm , Durchmesser 4 - 15 μm . Anzahl der Zellen in 20 x 20 μm : 5 - 9(12). Zellen der Hauptachse unregelmäßig länglich-oval bis angular; Anzahl in 20 x 20 μm : 7 - 10(12) (Abb.45 c). Zellwände hyalin bis gelborange, bis 1 μm dick, manchmal stärker verdickte zapfenartige Zellwandvorsprünge (Abb.44 c).

Tieferliegende Mantelschichten pseudoparenchymatisch bzw. Übergang zu plectenchymatischer Innenschicht (Taf.28 d,e). Lage der Milchröhren in den mittleren und inneren Zellschichten: Lactiferen meist lichtbrechend (selten hyalin, inhaltslos) gelborange bis ocker gefärbt, gabelig verzweigt, regelmäßig septiert; Septenabstände 16 - 60 μm , Lactiferendurchmesser 4 - 7 μm , Wände unverdickt (Abb.44 b, 45 e; Taf.28 c - e, g).

Mantelinnenfläche dicht plectenchymatisch (Abb.45 a, b; Taf. 28 f, g). Hyphen über längere Strecken parallel verlaufend, wenig verzweigt, selten mit Anastomosen; Septen in Abständen von 3 - 20 μm , manchmal mit doliporusähnlichen Strukturen (kleiner 1 μm). Hyphendurchmesser 3,5 - 4(5) μm , Wände unverdickt.

Oberfläche der Mykorrhizenspitze pseudoparenchymatisch, Zellen rundlich bis unregelmäßig oval (Abb.45 d; Taf.28 h). Zell-Länge 3 - 20 μm , Durchmesser 3 - 10 μm , Wände manch-

mal gelatinös verqollen bis 3 μm . Anzahl der Zellen in 20 x 20 μm : 11 - 14.

Von der Oberfläche abziehende Elemente (Abb.46 a - c; Abb. 47 a - c, e; Taf.29 d - h, j).

Abziehende Hyphen wenig verzweigt (Abb.47 c, e; Taf.29 g) aus den Pseudoparenchymzellen der Manteloberfläche entspringend, manchmal durch ein Septum von dieser getrennt (Abb.47 e); Durchmesser 2 - 3 (4) μm , Wände unverdickt, gelborange; Septenabstände 5 - 40 μm , Septen teilweise verdickt bis 8 μm (wahrscheinlich am Septum zusammenge-drängte Plasmareste), doliporusähnliche Strukturen wie in Mantelinnenfläche manchmal erkennbar.

Vom Fruchtkörper abziehende Hyphen bzw. Rhizomorphen sind ebenso gestaltet (Abb.47 a; Taf.2 h).

Rhizomorphen kompakt, glatt, drehrund, zopfig verdreht (Abb.46 a - c; Taf.2 29 - f, i, j), aus gebündelten abziehenden Hyphen. Durchmesser der Rhizomorphen 9 - 90 μm , Durchmesser der einzelnen Hyphen 2 - 3 (4) μm , Septenabstände 5 - 40 (100) μm , Wände unverdickt, hyalin bis gelborange, Septen manchmal verdickt, wie bei abziehenden Hyphen.

Im Inneren der Rhizomorphe mehrere septierte, gabelig verzweigte Lactiferen: Durchmesser 6 - 13 μm , Septenabstand von 65 μm gefunden (Abb.46 c; Taf.29 i, j).

Anatomie im Querschnitt (Taf.29 e)

Manteldicke 15 - 25 μm ; Differenzierung in außen großlumige Zellen des Pseudoparenchyms (4 - 5 Zellschichten) und innen kleine rundliche Zellen des Plectenchyms (2 - 3 Zellschichten). Lactiferen im Schnitt selten erkennbar.

Maße der angulären Zellen der äußeren Schicht: tangential (4)7 - 20(32) μm , radial 3 - 8(10) μm .

Maße der Hyphenzellen der inneren Schicht: tangential (2)3 - 7 μm , radial (2)3,5 - 4(5) μm .

Wurzelhaubenderivate in den innersten Mantelschichten, schmal, langgezogen.

Tanninzellen: Anzahl der Reihen 1 - (2); tangential-oval, langgestreckt. Größe tangential 20 - 50 μm , radial (4)7 - 25(35) μm . TCt = 33,3 μm ; TCq = 2,2.

Rindenzellen: Anzahl der Reihen (incl. Tanninzellen) 4 - 5, tangential-oval bis rund; Größe tangential (20)25 - 40 (50) μm , radial (7)10 - 28(50) μm . CCt = 33,9 μm ; CCq = 1,7.

Hartigches Netz: Dicke incl. Restzellwände um Tanninzellen: 2 - 12 μm ; um Rindenzellen 2 - 5(8) μm . Anzahl der Hyphenreihen um Tanninzellen: 1 - 2; um Rindenzellen: 1 -

2. Hauptform der Hyphenzellen um Tannin- und Rindenzellen rund bis oval. Hartigsches Netz 3 - 4 Rindenzellschichten (incl. Tanninzellen) tief.

Anatomie im Längsschnitt (Taf.29 c)

Mantelschichtung dem Querschnitt entsprechend. Maße der angulären Zellen der äußeren Schicht: tangential (4)7 - 20 (28) μm , radial 3 - 8(10) μm .

Maße der plectenchymatischen Zellen der inneren Schicht: tangential (2)3 - 5 μm , radial (2)3,5 - 4(5) μm .

Tanninzellen tangential sehr schmal, langgestreckt; Größe tangential (40)50 - 120(90) μm , radial (4)7 - 25(35) μm .

TCT = 78,1 μm ; TCq = 5,9.

Rindenzellen tangential schmal, langgestreckt; Größe tangential (50)60 - 140(160) μm , radial (7)10 - 28 (50) μm .

CCT = 83,8 μm ; CCq = 3,4.

Mykorrhizenspitze: Mantel bis 35 μm , Schichtung wie im übrigen Längsschnitt, Zellen der äußeren Schicht kleiner und im Schnitt alle rundlich-oval.

Farbreaktionen der Lactiferen mit verschiedenen Reagenzien:

Baumwollblau: blaugrün; Sulfovanillin: hellrot.

Autofluoreszenz:

Ganze Mykorrhiza: 254 nm: ---; 366 nm: ---;

Querschnitte: UV Filter 340 - 380 nm: Mantel und Rhizomorphe weißlich bis hellblau. Blaufilter 450 - 490 nm: Mantel weißlich-gelb, Rhizomorphe gelblich-weiß.

Kernfärbung (KES): (Taf.29 a, b)

Pseudoparenchymatische Außenschicht des Mantels mit je zwei Kernen (2 - 3 μm im Durchmesser), mehr oder weniger nebeneinander liegend. Plectenchymatische Innenschicht mit je ein bis zwei, 1,5 - 2 (3) μm großen Kernen pro Zelle. Abziehende Hyphe mit je zwei nebeneinanderliegenden Kernen (1,5 μm) pro Zelle.

Identifizierung:

Direkte Verbindungen der Mykorrhiza zum Fruchtkörper konnten nachgewiesen werden.

Bezüglich Daten über Ektomykorrhizen der Gattung Lactarius (DC : Fr.) S.F.Gray in der Literatur s. S. 179.

Wichtigste Unterscheidungsmerkmale, der von Lactarius-Arten gebildeten Ektomykorrhizen Piceirhiza rufosimilis, Lactarius decipiens, und Lactarius theigalus s. S. 123.

LEGENDE zu Abb.44 - 47.

Abb.44 - Lactarius decipiens - (a) Habitus der Mykorrhiza und Basis des dazugehörigen Fruchtkörpers (Fb) mit Mycel; (b, c, d) Mantelaufsicht; (b) relativ dünnwandige, große Zellen mit darunterliegender, septierter Lactifere; (c) dickwandigere Zellen mit z.T. zapfenartigen Zellwandvorsprüngen; (d) kleinere, unregelmäßigere Zellen. Alle Abbildungen von B2, 12.9.85.

Abb.45 - Lactarius decipiens - (a und b) Mantelinnenfläche mit doliporusähnlichen Strukturen; (c) Mantelaufsicht entlang der Hauptachse der Mykorrhiza, mit länglich-ovalen Zellen; (d) Mantelaufsicht auf Mykorrhizenspitze, Zellwände verdickt; (e) mittlere bis innere Zellschicht mit zahlreichen, septierten Lactiferen. Alle Abbildungen von B2, 12.9.85.

Abb.46 - Lactarius decipiens - (a) Rhizomorphe in Aufsicht; (b) Rhizomorphenspitze; (c) optischer Schnitt durch eine Rhizomorphe, septierte Lactiferen im inneren. Alle Abbildungen von B2, 12.9.85.

Abb.47 - Lactarius decipiens - (a) vom Fruchtkörperstiel abziehende Hyphen mit verdickten Septen (wahrscheinlich zusammengedrückte Plasmareste); (b und c) abziehende Hyphen der Mykorrhiza; (b) mit verdickten Septen (Plasmareste?); (c) Hyphenspitze mit verdickter Wand (s. Pfeil) und Septen in kurzen Abständen; (d und e) Längsschnitt median, (d) Hartigsches Netz (HN) auf Rindenzelle, (e) aus der Manteloberfläche abziehende Hyphen, Zellwand manchmal verdickt. Alle Abbildungen von B2, 12.9.85.

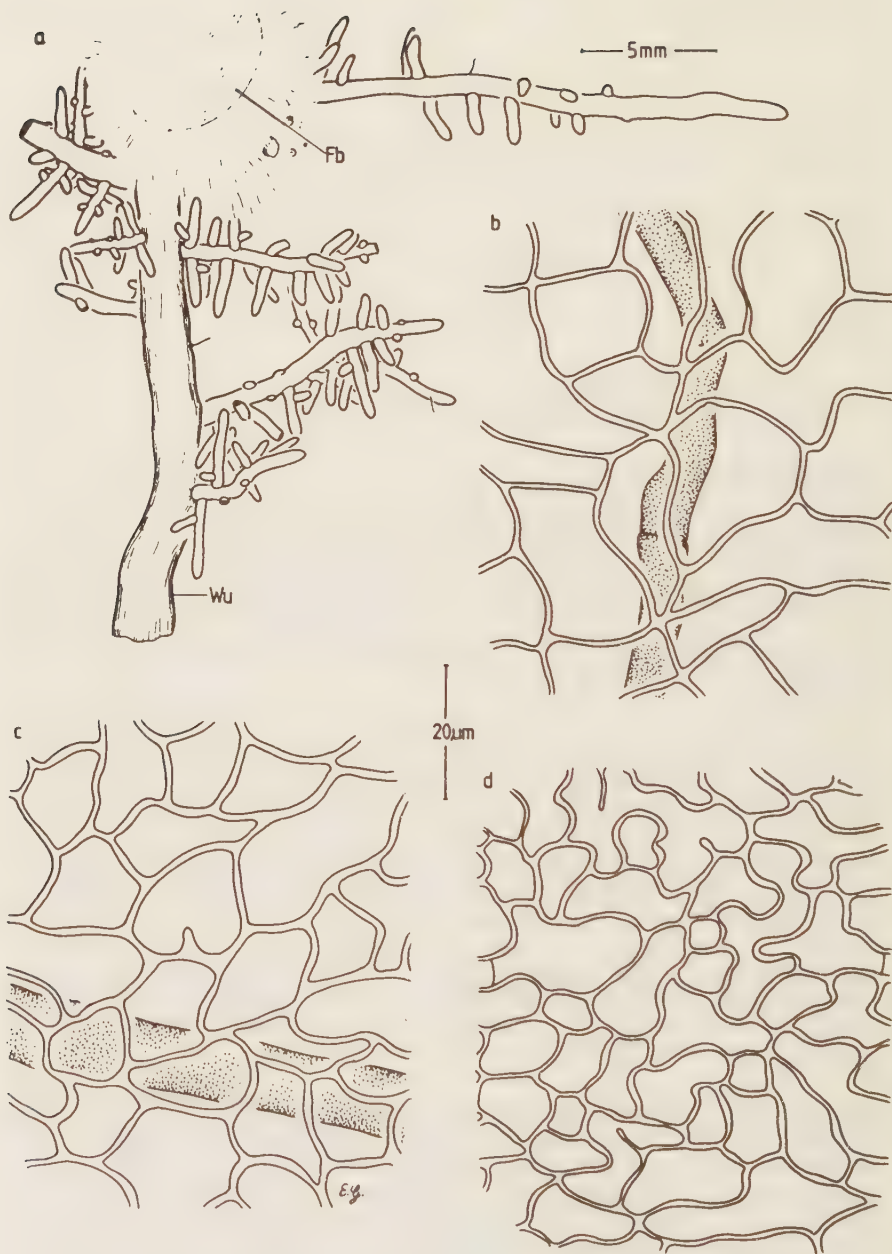


Abb.44 - *Lactarius decipiens*

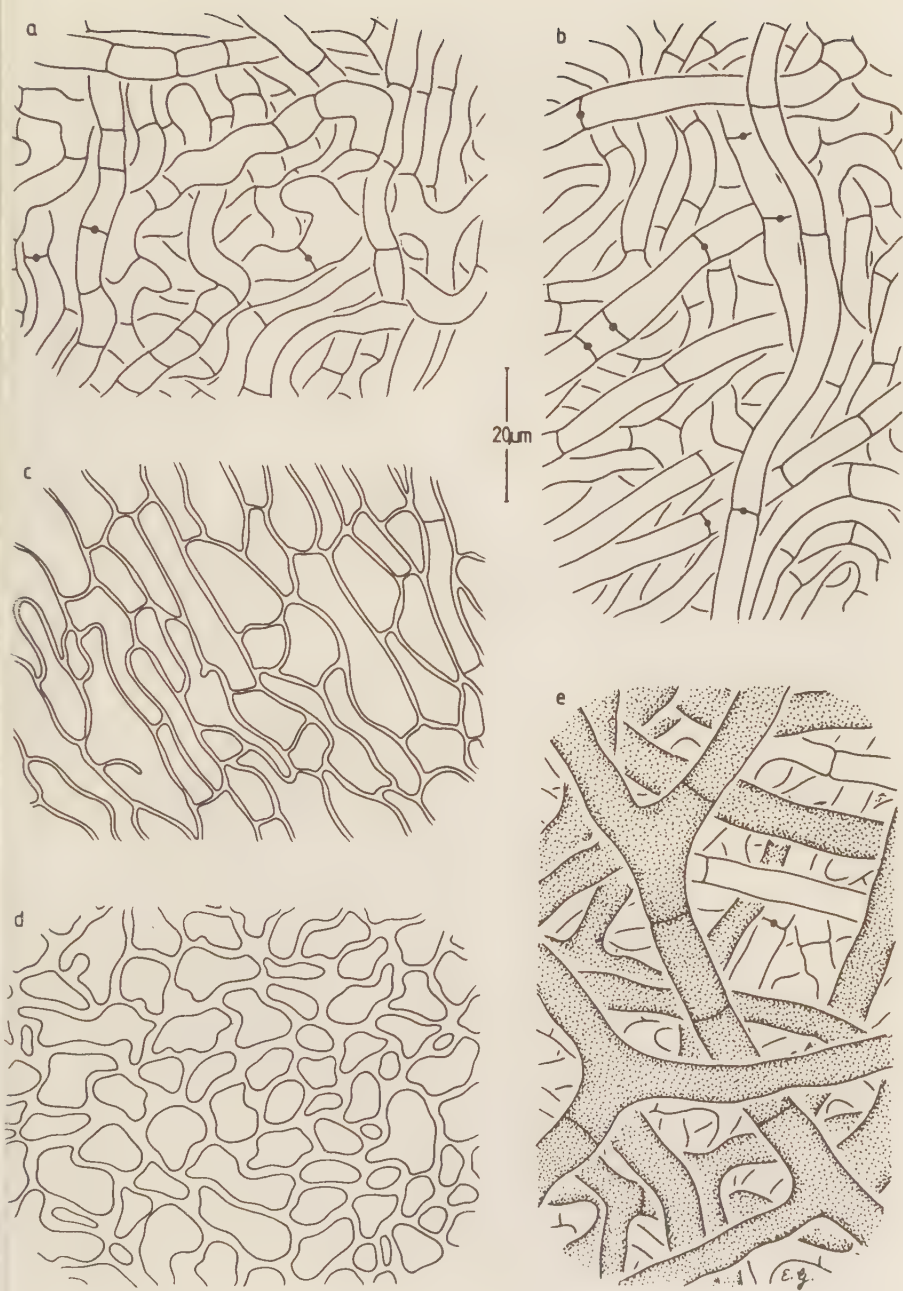


Abb.45 - *Lactarius decipiens*

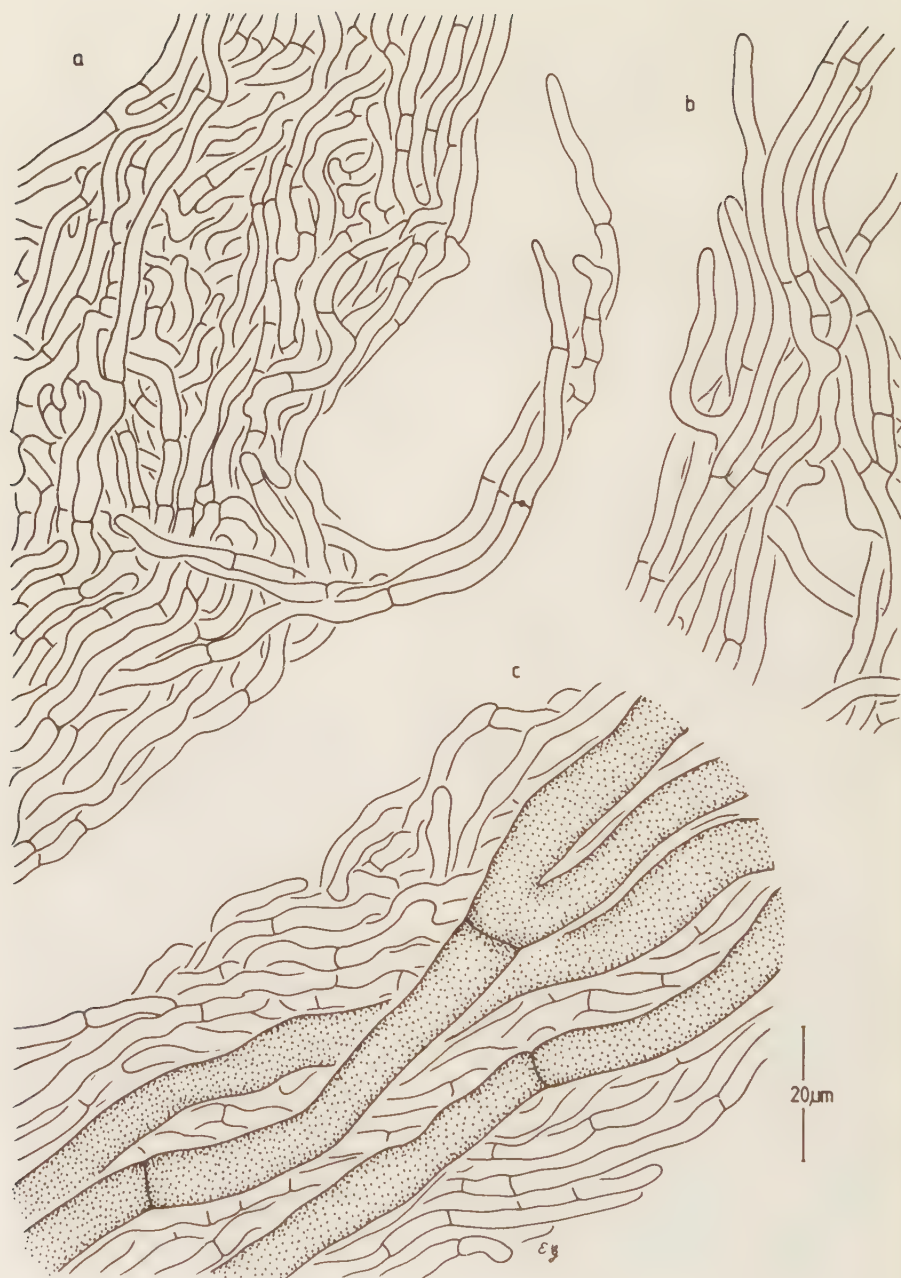


Abb.46 - *Lactarius decipiens*

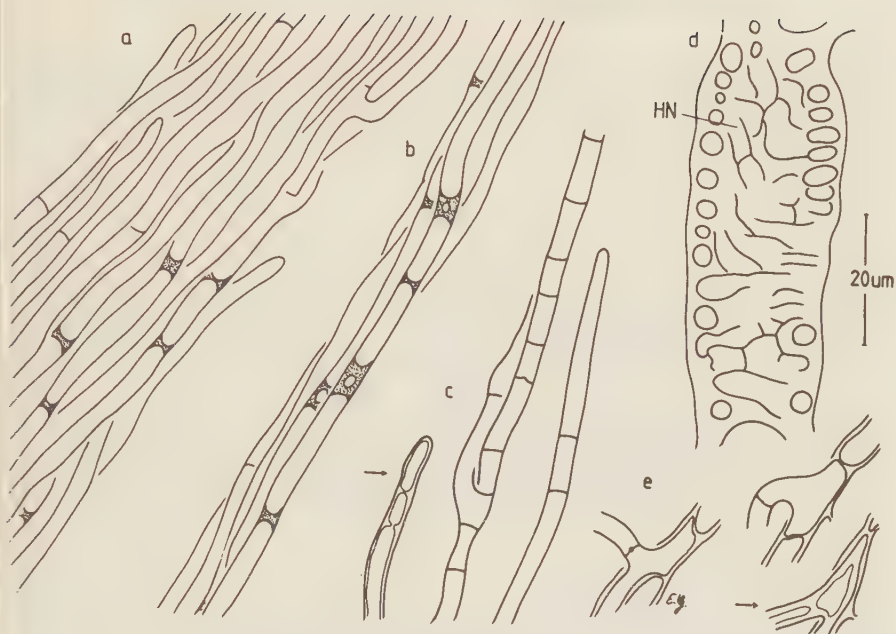


Abb.47 - *Lactarius decipiens*

2.16. *Lactarius theiogalus* (Bull.) Fr. (Taf.30 u. 31)

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese: gegenüber Fläche A1 am Wegrand, 9.10.84, leg. E.Gronbach (M).

Habitus (Abb.48 a)

Verzweigung unregelmäßig monopodial-pyramidal; Hauptachse und Seitenäste meist gerade, Enden stumpf abgerundet. Länge des Verzweigungssystems 2 - 25 mm; Länge der unverzweigten Seitenenden bis 2mm; Durchmesser der Achsen 0,4 - 0,8 mm; Durchmesser der Seitenenden: 0,3 - 0,4 mm.

Seitenenden orangebraun bis ocker, unmittelbare Spitzen heller bis weißlich; ältere Teile der Mykorrhiza ocker. Mykorrhiza in FAA orange, Spitzen hyalin. Manteloberfläche glatt, glänzend, mit wenigen abziehenden Hyphen; Rhizomorphen selten auffindbar, glatt, drehrund.

Mikroskopische Merkmale

Anatomie des Mantels in Flächenansicht (Abb.48 b - d; 49 a - d; Taf.30 a - c).

Manteloberfläche pseudoparenchymatisch, Zellen angulär bis unregelmäßig rundlich oder oval; Zell-Länge 4 - 27 μm , Durchmesser 4 - 14 μm , Anzahl der Zellen in 20 x 20 μm : 5 - 8 (11). Hyphenzellen der Hauptachse unregelmäßig länglich-oval, Anzahl in 20 x 20 μm : 7 bis 12(15) (Abb.49 c; Taf.30 g). Zellwände hyalin bis orange, bis 1 μm dick, manchmal stärker verdickte, zapfenartige Zellwandvorsprünge (Abb.49 c).

Tieferliegende Mantelschichten pseudoparenchymatisch bzw. Übergang zu plectenchymatischer Innenschicht (Taf.30 d,h). Lage der Milchröhren in den mittleren und inneren Schichten: Lactiferen meist lichtbrechend (selten hyalin, inhaltslos) gelborange gefärbt, gabelig verzweigt, unseptiert; Durchmesser 5 - 10 μm , Wände unverdickt (Abb.48 b, d; 49 a, b; Taf.30 d, f, h).

Mantelinnenfläche dicht plectenchymatisch (Abb.48 e; 49 a, b; Taf.30 e, f). Hyphen über längere Strecken parallel verlaufend, wenig verzweigt, Anastomosen selten. Hyphendurchmesser 3 - 4 μm , Septenabstände 3 - 18 μm , Septen manchmal mit doliporusähnlichen Strukturen (kleiner 1 μm) (Taf.30 f).

Oberfläche der Mykorrhizenspitze pseudoparenchymatisch, Zellen rundlich bis unregelmäßig oval, fast epidermoid (Abb.49 d); Zell-Länge 3 - 18 μm , Zell-Durchmesser 3 - 6 μm , Wandstärke bis 1 μm . Anzahl der Zellen in 20 x 20 μm : 11 - 14(16).

Von der Oberfläche abziehende Elemente (Abb.49 e; 50 a - d; 51 a, c, d; Taf.31 e - h).

Abziehende Hyphen meist unverzweigt, aus Pseudoparenchymzellen der Manteloberfläche entspringend, manchmal durch ein Septum von dieser getrennt (Abb.51 c, d). Durchmesser 2,5 - 4 μ m, Wände 0,3 - 1 μ m dick, orangegelb, Septenabstände 5 - 80 μ m, Septen manchmal verdickt bis 3 μ m, doliporusähnliche Strukturen wie in Mantelinnenfläche erkennbar. (Abb.51 a).

Rhizomorphen kompakt, glatt, drehrund, zopfig verdreht, unverzweigt (Abb.49 e, 50 a - c; Taf.31 e - h), aus gebündelten Hyphen. Durchmesser der Rhizomorphen 12 - 90 μ m, Durchmesser der einzelnen Hyphen 2,5 - 3 μ m, Septenabstände 5 - 50 μ m, Wände unverdickt, orangegelb, z.T. gelatinös aufgequollen (Abb.50 d, c; Taf.31 h), dann bis 2 μ m; Rhizomorphe mit unvergollenen Hyphen im Inneren mit unseptierter Lactifere (Durchmesser 8 μ m) (Abb.50 a).

Anatomie im Querschnitt (Taf.31 a, b)

Manteldicke 18 - 30 μ m; Differenzierung in außen großlumige Zellen des Pseudoparenchyms, innen kleine, rundliche Zellen des Plectenchyms; Lactiferen im Schnitt selten erkennbar.

Maße der angulären Zellen der äußersten Zellschichten: tangential 6 - 22(27) μ m, radial 1)2 - 4(5) μ m.

Maße der Zellen der mittleren Zellschichten: tangential 6 - 20(27) μ m, radial 2 - 8(13) μ m.

Maße der hyphigen Zellen der innersten Schicht: tangential (2)3 - 4 (20) μ m radial (2)3 - 4(5) μ m.

Wurzelhaubenderivate in der innersten Mantelschicht, schmal, sichelförmig langgezogen.

Tanninzellen: Anzahl der Reihen 1 - 2; tangential-oval; Größe tangential (14)17 - 50(60) μ m, radial (4)7 - 22 (35) μ m. Tct = 30,3 μ m; TCq = 2,4.

Rindenzellen: Anzahl der Reihen (incl. Tanninzellen) 4 - 5, tangential-oval bis rund; Größe tangential (15)18 - 35 (42) μ m, radial 12 - 30(37) μ m. Cct = 24,5 μ m; CCq = 1,1.

Hartigsches Netz: Dicke incl. Restzellwände um Tanninzellen: (2)3 - 15(20) μ m; um Rindenzellen 2 - 3(4) μ m. Anzahl der Hyphenreihen um Tanninzellen: 1 - 2(3); um Rindenzellen: 1. Hauptform der Hyphenzellen um Tannin- und Rindenzellen: rund unregelmäßig oval. Hartigsches Netz 1 - 3 Rindenzellschichten (incl. Tanninzellen) tief (Taf.31 a, b).

Tanninzellen z.T. von Hyphen durchwachsen (Taf.31 b)

Anatomie im Längsschnitt (Abb.51 b; Taf.31 c)

Mantelschichtung dem Querschnitt entsprechend.

Maße der angulären Zellen der äußersten Schicht: tangential (7)10 - 27 μm , radial (1)2 - 4(5) μm .

Maße der Zellen der mittleren Schicht: tangential (4)7 - 23 μm ; radial 2 - 8(13) μm .

Maße der plectenchymatischen Zellen der innersten Schicht: tangential (2)3 - 4(12) μm , radial (2)3 - 4(5) μm .

Tanninzellen tangential schmal, langgestreckt; Größe tangential (20)40 - 110(160) μm , radial (4)7 - 22(35) μm . TCt = 76,3 μm ; TCq = 3,1.

Rindenzellen tangential schmal, langgestreckt; Größe tangential 50 - 110(120) μm , radial 12 - 30(37) μm . CCt = 85 μm ; CCq = 3,7.

Mykorrhizenspitze: Manteldicke und -aufbau wie im Längsschnitt, Zellen der Außenschicht kleiner.

Farbreaktionen der Lactiferen mit verschiedenen Reagentien:

Baumwollblau: blaugrün; Sulfovanillin: hellrot;

Autofluoreszenz:

Ganze Mykorrhiza: 254 nm: ---; 366 nm: ---;

Querschnitte: UV Filter 340 - 380 nm: Mantel weißlich bis hellblau, Rhizomorphe hellblau; Blaufilter 450 - 490 nm: Mantel weißlich, Rhizomorphe weißlich-gelb;

Kernfärbung (KES): (Taf.31 d)

Pseudoparenchymatische Außenschicht des Mantels mit je zwei Kernen pro Zelle, dicht nebeneinander, Durchmesser 1,5 - 2 μm .

Plectenchymatische Innenschicht meist auch mit zwei Kernen pro Zelle (1,5 - 2 μm), nicht nebeneinanderliegend.

Einzelne oder mehrere Kerne (bis 4 erkennbar) in den Lactiferen, Größe bis 3 μm .

Identifizierung:

Direkte Verbindungen der Mykorrhiza zum Fruchtkörper konnten nachgewiesen werden.

Bezüglich Daten über Ektomykorrhizen der Gattung Lactarius (DC : Fr.) S.F.Gray in der Literatur s. S. 179.

Wichtigste Unterscheidungsmerkmale, der von Lactarius-Arten gebildeten Ektomykorrhizen Piceirhiza rufosimilis, Lactarius decipiens und Lactarius theiogalus s. S.123.

LEGENDE zu Abb.48 - 51.

Abb.48 - Lactarius theiogalus - (a) Habitus; (b, c und d) Mantelaufsicht, (b) mit angulären Zellen und darunterliegender Lactifere; (c) kleinere, z.T. rundliche Zellen mit zapfenartigen Zellwandvorsprüngen; (d) rundliche bis ovale Zellen und darunterliegende Lactiferen; (e) Mantelinnenansicht plectenchymatisch. Alle Abbildungen von EG 9.10.84.

Abb.49 - Lactarius theiogalus - (a) plectenchymatische Mantelinnenansicht mit Lactifere; (b) mittlere bis innere Zellschicht mit vielen unseptierten Lactiferen; (c) Mantelaufsicht entlang der Hauptachse der Mykorrhiza, Zellen länglich-oval; (d) Mantelaufsicht auf die Mykorrhizen spitze; (e) Rhizomorphe mit Ansatzstelle. Alle Abbildungen von EG 9.10.84.

Abb.50 - Lactarius theiogalus - (a) Rhizomorphe in Aufsicht, oben optischer Schnitt mit Lactifere; (b) dünnere Rhizomorphe mit z.T. leicht verdickten Septen; (c) Rhizomorphe mit gelatinös aufgequollenen Hyphenwänden; (d) Spitzen der Rhizomorphenhyphen mit aufgequollenen oder unverdickten Wänden. Alle Abbildungen von EG 9.10.84.

Abb.51 - Lactarius theiogalus - (a) einzelne abziehende Hyphe mit streckenweise verdickter Wand, einfachen, verdickten und sich auflösenden Septen; (b, c und d) Längsschnitt median; (b) Hartigsches Netz (HN) auf Rindenzelle; (c und d) aus Manteloberfläche abziehende Hyphen. Alle Abbildungen von EG 9.10.84.

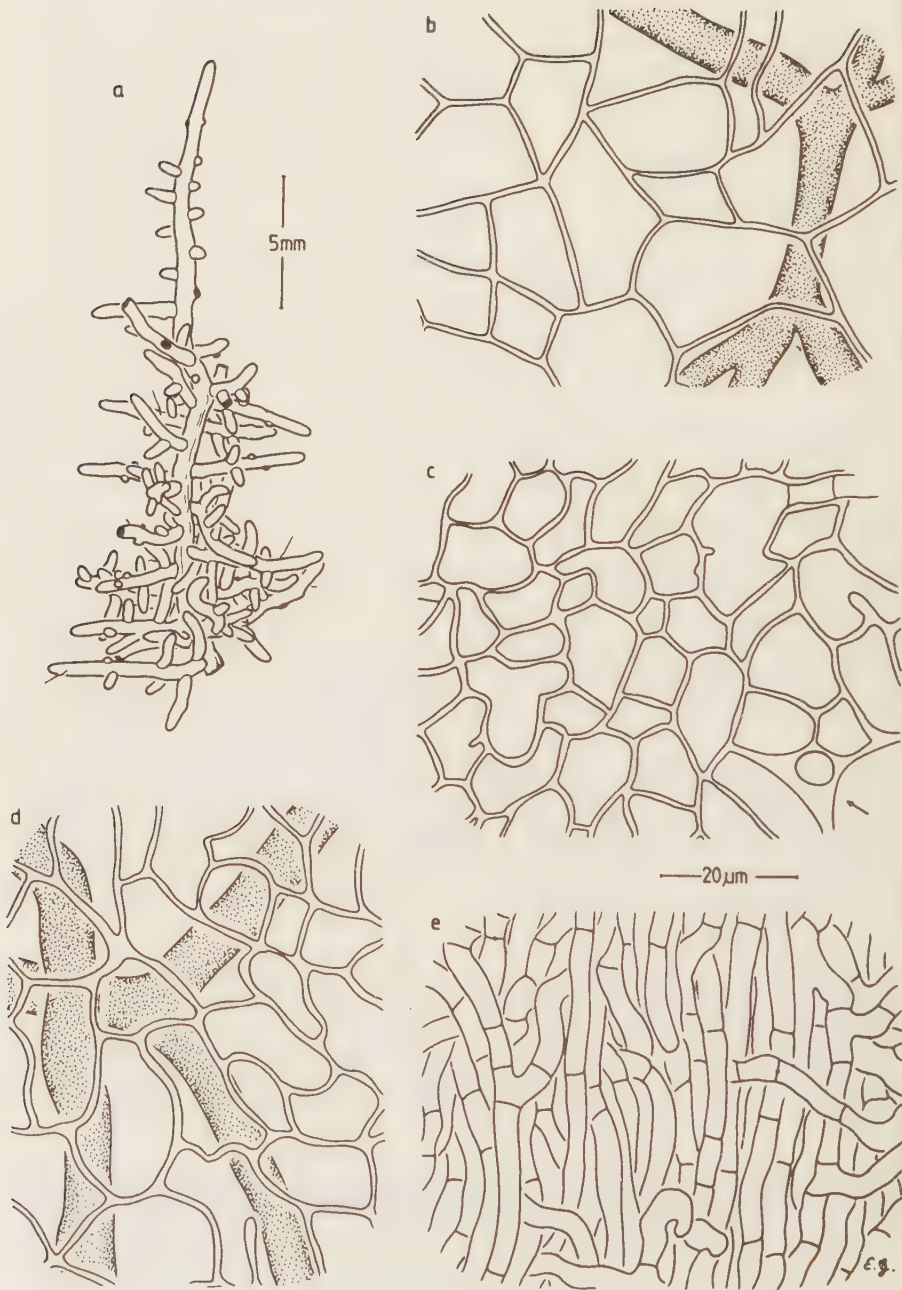


Abb.48 - *Lactarius theiogalus*

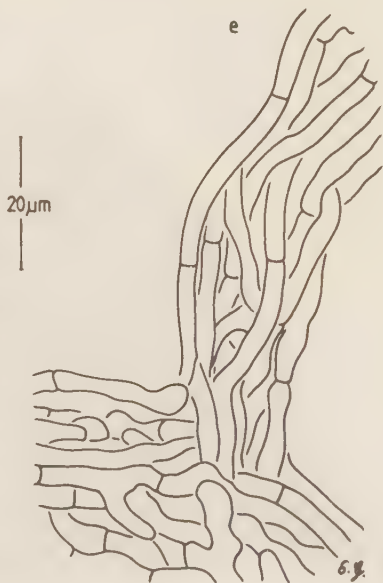
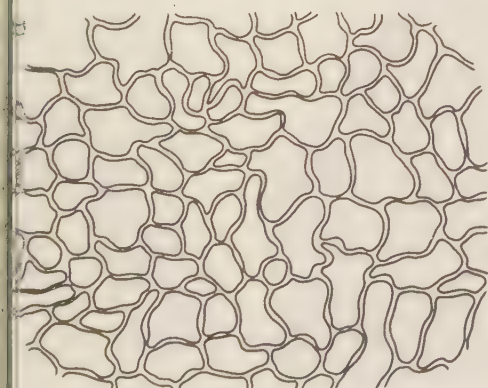
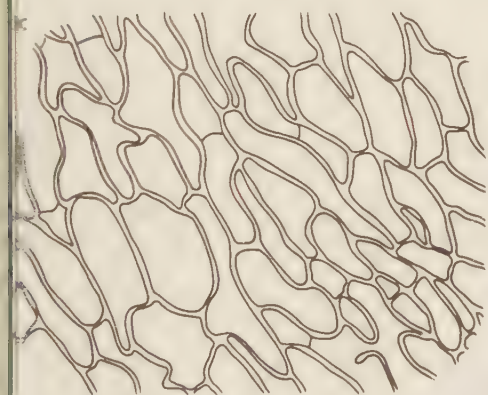
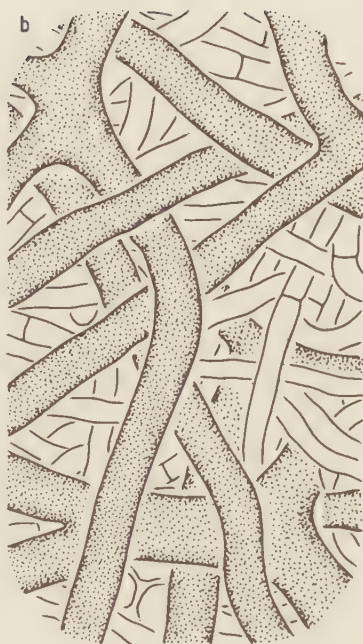


Abb.49 - *Lactarius theiogalus*

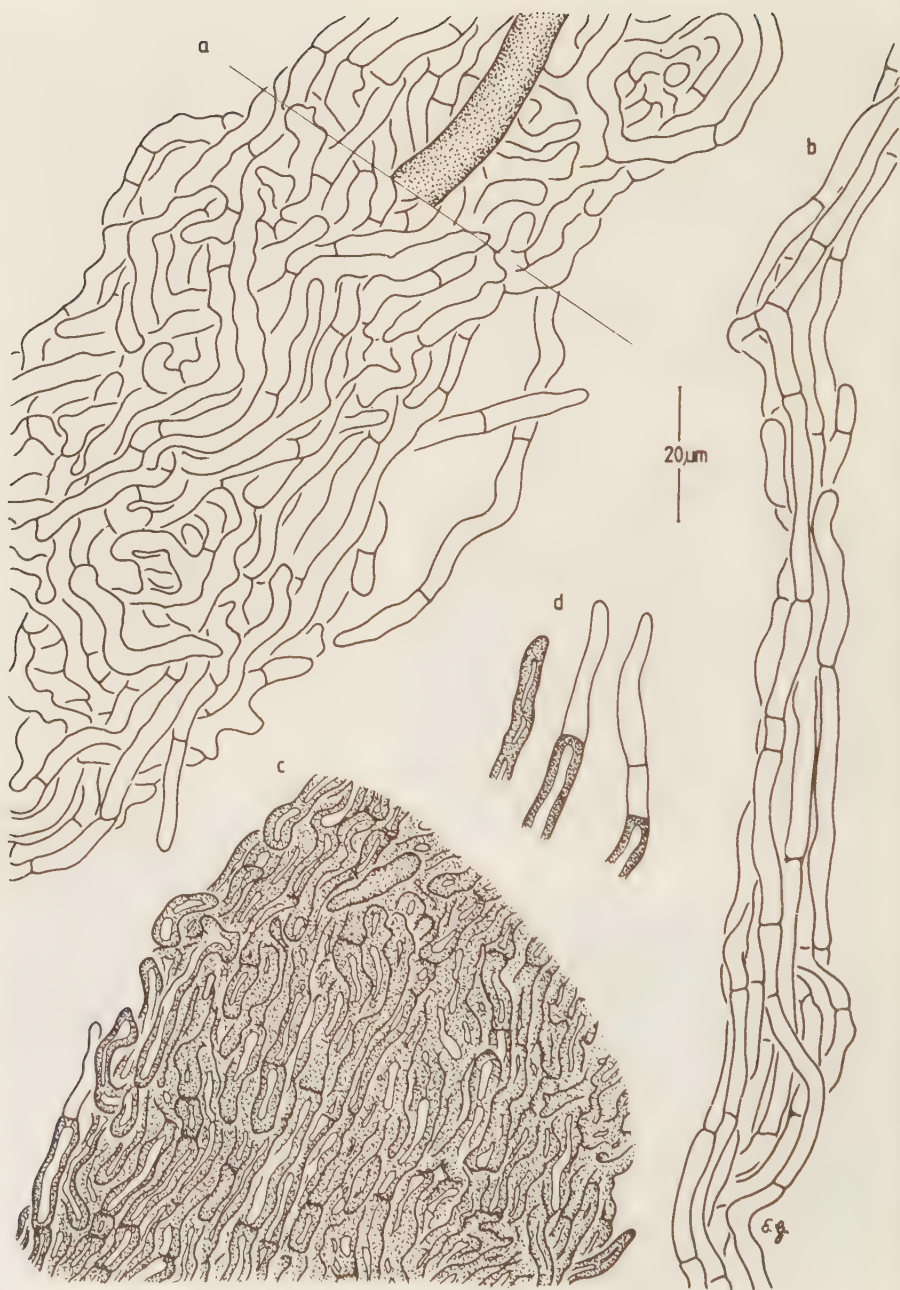


Abb.50 - *Lactarius theiogalus*

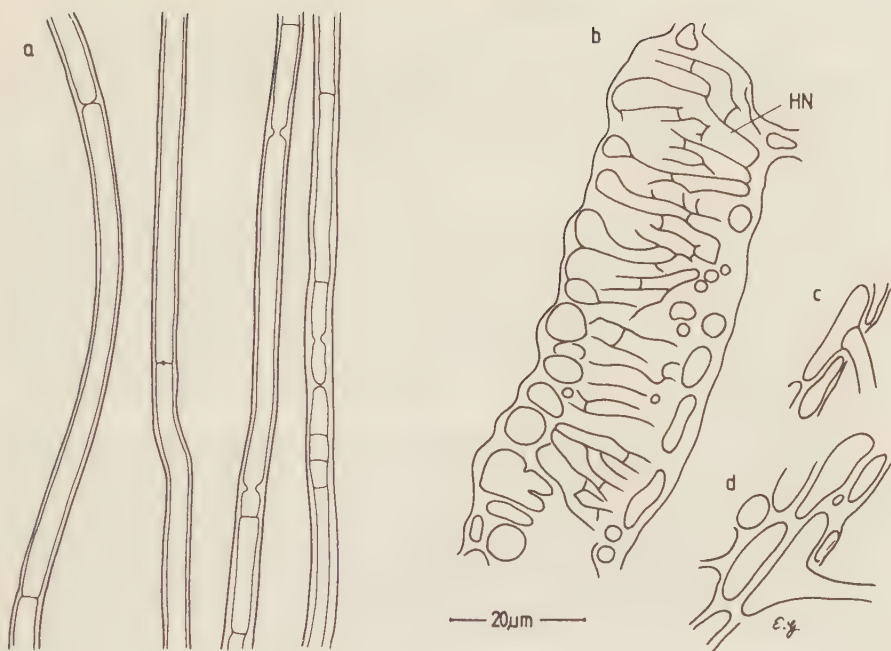


Abb.51 - *Lactarius theiogalus*

2.17. Piceirhiza chordata * (Taf.32 u. 33)

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese: Fläche B2, 27.8.86, leg. E.Gronbach (M).

Habitus (Abb.52 a)

Verzweigung unregelmäßig monopodial-pyramidal; Hauptachse und Seitenäste fast gerade, Enden der Seitenäste dünner; Hauptachsenspitze keulig verdickt; Mykorrhiza stellenweise mit perlschnurartigem Wachstum. Länge des Verzweigungssystems 2 - 32 mm; Länge der unverzweigten Seitenenden bis 6 mm; Durchmesser der Achsen 0,5 - 0,9 mm; Durchmesser der Seitenenden 0,3 - 0,5 mm.

Seitenenden orangebraun bis braun, unmittelbare Spitzen orangebraun bis hyalin; ältere Teile der Mykorrhiza dunkelbraun.

Manteloberfläche glatt, glänzend, Rindenzellen manchmal durchscheinend; besonders Verzweigungsstellen der Mykorrhiza mit locker-strähnig abziehenden Hyphen und meist anhaftenden Bodenpartikeln. Rhizomorphen wurden nicht gefunden.

Mikroskopische Merkmale

Anatomie des Mantels in Flächenansicht (Abb.52 b - d; Abb.53 a - f; Taf.32 a - e).

In allen Zellschichten doliporusähnliche Strukturen (Durchmesser 1 - 2 μ m).

Manteloberfläche pseudoparenchymatisch, Zellen unregelmäßig rund bis länglich-oval oder fast epidermoid (Abb.52 b - d; Taf.32 a, b); Zell-Länge 8 - 45 μ m, Zell-Durchmesser 5 - 15 μ m, Größe und Form stark variabel. Anzahl der Zellen in 20 x 20 μ m: 3 - 11.

Zell-Wände gelblich bis ocker, 0,3 - 3 μ m dick, mit zapfenartigen Vorsprüngen.

Tieferliegende Mantelschichten: (Abb.53 b, c; Taf.32 c), ähnlich wie Manteloberfläche, Zell-Länge 8 - 30 μ m, Durchmesser 5 - 15 μ m; Anzahl der Zellen in 20 x 20 μ m: 3 - 6.

Mantelinnenfläche pseudoparenchymatisch mit unregelmäßig

*) Etymologie: chordata (lat.) = strickartig, sehnenartig, bezieht sich auf die dickwandigen, abziehenden Hyphen mit relativ großem Durchmesser.

rundlichen bis z.T. angulären und vereinzelt plectenchymatischen Zellen. Zell-Länge 8 - 30 μm , Durchmesser 5 - 15 μm ; Anzahl der Zellen in 20 x 20 μm : 5 - 15. Wände meistens dünner als 0,5 μm , selten bis 2 μm , manchmal mit zapfenartigen Vorsprüngen. Zellgestalt sehr variabel (Abb.53 d - f; Taf.32 d).

Oberfläche der Mykorrhizenspitze pseudoparenchymatisch mit epidermoiden Zellen; diese kleiner wie in Manteloberfläche. Anzahl der Zellen in 20 x 20 μm : 5 - 13 (Abb.53 a; Taf.32 e)

Abziehende Hyphen (Abb.54 a - f; 55 a - e; 56 a - j; Taf.33 d - j)

Dickwandige Hyphen aus Manteloberflächenzellen (=Basalzellen) entspringend (Abb.54 a); Wände stark lichtbrechend, hell-ocker bis gelblich-grün, 2 - 3 μm dick, glatt oder mit rauher, unregelmäßig strukturierter Oberfläche (Abb.56 a), manchmal mit zapfenartigen Vorsprüngen in das Lumen der Hyphe (Abb.54 d; 55 a); Wände z.T. doppelt, dann bis 5 μm dick (Abb.55 c; Taf.33 i). Hyphendurchmesser 6 - 15 μm , an Stellen mit knieartigen Ausbuchtungen bis 25 μm (Abb.54 a). Septen dünn oder bis 3 μm dick, Abstände (12)20 - 60 μm , in der Mitte des Septums manchmal propfenartige Verdickungen (1 - 3 μm) (Abb.54 b; Taf.33 i).

Hyphen gabelig verzweigt (Abb.56 f, g; Taf.33 d), Enden in der Regel dünner oder aus dünnwandiger, hyaliner, intrahyphaler Hyphe gebildet (Abb.54 a; 55 a; Taf.33 j), intrahyphale Hyphen im Lumen der dickwandigen Hyphen (Abb.56 j; Taf.33 g) oder seitlich mit (Abb.56 e) oder ohne Septum (Abb.56 a) auswachsend; Durchmesser dieser dünnwandigen Hyphen 3 - 8 μm (Abb.54 e, f; 56 a - e, h, i; Taf.33 h), stellenweise aber bis 12 μm aufgebläht (Abb.55 d; Taf.33 e); Wände glatt, selten mit unregelmäßig strukturierter Oberfläche.

Anatomie im Querschnitt (Taf.33 a)

Manteldicke 15 - 30 μm , 3 - 5 pseudoparenchymatische Zellschichten, Zellen im Schnitt alle unregelmäßig tangential-oval bis angulär.

Maße der Zellen im äußeren Mantelbereich: tangential 5 - 25 μm ; radial 3 - 10 (15) μm .

Maße der Zellen im inneren Mantelbereich: tangential 5 - 15 μm ; radial 3 - 9 (12) μm .

Wurzelhaubenderivate im innersten Mantelbereich, schmal,

langgezogen.

Tanninzellen: Anzahl der Reihen 1 - 2; unregelmäßig tangential-oval. Größe tangential (18)20 - 45 μm ; radial (7)10 - 25(27) μm . TCt = 31 μm ; TCq = 1,9.

Rindenzellen: Anzahl der Reihen (incl. Tanninzellen): 4 - 5, tangential-oval; Größe tangential (15)20 - 35 μm ; radial 10 - 25(30) μm . CCT = 26,9 μm ; CCq = 1,6.

Hartigsches Netz (Taf.33 a; s. auch Längsschnitt: Taf.33 b, c): Dicke incl. Restzellwände um Tanninzellen 3 - 25 μm ; um Rindenzellen 2 - 5 μm . Anzahl der Hyphenreihen um Tanninzellen: 1 - 2(3); um Rindenzellen: 1. Hauptform der Hyphenzellen um Tannin- und Rindenzellen rund bis oval. Einzelne Hyphen um Tanninzelle oft bis 16 μm im Durchmesser. (Taf.33 c). Hartigsches Netz 3 Rindenzellschichten (incl. Tanninzellen) tief.

Tanninzellen teilweise von Hyphen durchwachsen (Taf.33 b)
Innere Rindenzellen z.T. mit Tannineinlagerungen.

Anatomie im Längsschnitt (Taf.32 f; 33 b, c)

Mantelaufbau dem Querschnitt entsprechend.

Maße der Zellen im äußeren Mantelbereich: tangential 9 - 18 (35) μm ; radial 3 - 10(15) μm .

Maße der Zellen im inneren Mantelbereich: tangential 5 - 25 (30) μm ; radial 3 - 9 (12) μm .

Tanninzellen tangential-oval, langgestreckt; Größe tangential (25)45 - 75(120) μm ; radial (7)10 - 25 (27) μm . TCt = 59,2 μm ; TCq = 4,2.

Rindenzellen tangential-oval, langgestreckt; Größe tangential (32)55 - 110(120) μm ; radial 10 - 25(30) μm . CCT = 76,4 μm ; CCq = 4,1.

Mykorrhizenspitze: Mantel 15 - 20 μm dick, Struktur wie im übrigen Längsschnitt, Zellen etwas kleiner und rundlich bis oval.

Farbreaktionen des Mantels mit verschiedenen Reagentien:

Äthanol 70%: ---; Anilin: ---; Baumwollblau: Wände gelbgrün; Brillantkresylblau: Wände gelbgrün; Eisensulfat: ---; Guajak: Wände ocker bis braun; Kalilauge 15%: ---; Melzers Reagens: ---; Milchsäure: Wände ocker; Phenol: Wände gelblich; Säurefuchsin: ---; Sulfovanillin: Wände gelborange;

Autofluoreszenz:

Ganze Mykorrhiza: 254 nm: ---; 366 nm: ---;

Querschnitte: UV Filter 340 - 380 nm: Mantel weißlich blau.

Blaufilter 450 - 490 nm: Mantel weißlich gelb bis ocker.

Kernfärbung (KES):

Mantel und abziehende Hyphen : 2 Kerne pro Zelle 1,5 - 2,5 μm , oder ein Kernpaar pro Zelle mit 2 - 3 μm Durchmesser. Abstand der einzelnen Kerne in den abziehenden Hyphen 10 - 20 μm .

Untersuchtes Material:

Referenzbeleg;

weiteres Material:

Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese:

a) mit Belegen: A1 9.10.86 (in M); C1, 25.9.84 (in M); B1, 1.8.85 (in M);

b) ohne Beleg: B2, 27.10.86.

Wichtigste Merkmale von Piceirhiza chordata

Die Mykorrhiza Piceirhiza chordata ist orangebraun bis braun, an den Verzweigungsstellen befinden sich lockersträhnig abziehende Hyphen; eine Verwechslung mit Piceirhiza guttata ist möglich.

Die Mantelstruktur und die abziehende Hyphen von Piceirhiza chordata sind jedoch nur für diese Mykorrhiza charakteristisch: die Manteloberfläche ist pseudoparenchymatisch, die Zellen sind rund bis länglich-oval oder fast epidermoid, mit 0,3 - 3 μm dicken, gelblichen bis ockerfarbenen Wänden, die z.T. zapfenartige Vorsprünge haben; bei Piceirhiza guttata besteht die Manteloberfläche aus einem lockeren Plectenchym aus stark verzweigten, anastomosierenden, ausgebuchteten Hyphen, die Matrix ist gelatinös. Ein weiterer Vergleich erübrigt sich also. Im folgenden noch einige charakteristische Merkmale von Piceirhiza chordata:

Die innerste Mantelschicht ist größtenteils pseudoparenchymatisch, dies war bei keiner der anderen Arten der Fall. Die Zellen sind unregelmäßig rundlich bis manchmal polygonal mit dünneren Wänden wie in der Manteloberfläche. Die abziehenden Hyphen haben einfache Septen und einen Durchmesser von 6 - 15 μm ; die Wände sind stark lichtbrechend und 2 - 3(5) μm dick, manchmal zweischichtig, mit einer glatten oder rauen, unregelmäßig strukturierten Oberfläche. Dünnwandige hyaline Hyphen (Durchmesser 3 - 8 (12) μm) wachsen seitlich oder apikal aus den dickwandigen, z.T. ausgebuchteten Hyphen aus.

LEGENDE zu Abb.52 - 56.

Abb.52 - Piceirhiza chordata - (a) Habitus mit (a' und a'') Mykorrhizen von *Russula ochroleuca* und *Piceirhiza guttata*; (b, c und d) Mantelaufsichten, pseudoparenchymatisch; (b) große, fast epidermoide Zellen mit z.T. doliporusähnlichen Strukturen, (c) rundliche, kleinere Zellen, (d) unregelmäßig geformte, kleine Zellen. Alle Abbildungen von B2, 27.8.86.

Abb.53 - Piceirhiza chordata - (a) Mantelaufsicht auf die Mykorrhizenspitze; (b und c) mittlere Mantelschichten mit (b) doliporusähnlichen Strukturen und (c) zapfenartigen Vorsprüngen der Zellwand; (d, e und f) Mantelinnenansichten, verschiedene Zellformen, Wände z.T. mit zapfenartigen Vorsprüngen. Alle Abbildungen von B2, 27.8.86.

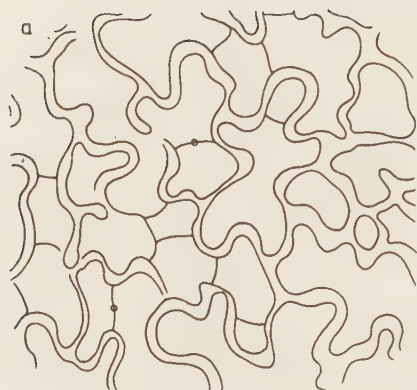
Abb.54 - Piceirhiza chordata - (a - f) abziehende Hyphen; (a) von der Basalzelle (B) bis zur Spitze, Wände relativ dick, Spitze von intrahyphaler, auswachsender Hyphe gebildet; (b) Hyphe und Hyphenwände zum Ende hin kontinuierlich dünner werdend; (c) aus Manteloberflächenzelle auswachsende Hyphe; (d) Hyphe mit zapfenartigem Wandvorsprung in das Lumen (s. Pfeil) und abruptem Übergang von verdickter zu dünner Zellwand (s. Pfeil); (e) dickwandige Hyphe mit seitlich auswachsender, dünnwandiger Hyphe; (f) dünne, dünnwandige Hyphe. Alle Abbildungen von B2, 27.8.86.

Abb.55 - Piceirhiza chordata - (a - e) abziehende Hyphen; (a) mit Zellwandvorsprüngen (s. Pfeil) und an der Spitze auswachsender, intrahyphaler Hyphe (ihH); (b) verzweigte Hyphe mit einem dünnwandigen und einem dickwandigen Ende und z.T. verdickten Septen; (c) zweischichtige, verdickte Zellwand, sich teilweise ablösend (s. Pfeil); (d) ausgebuchtete, dünnwandige Hyphe mit Erdpartikeln; (e) seitlich auswachsende dünne, dünnwandige Hyphe (s. Pfeil). Alle Abbildungen von B2, 27.8.86.

Abb.56 - Piceirhiza chordata - (a - e) dickwandige Hyphen mit seitlich auswachsenden, dünnwandigen, dünnen Hyphen - verschiedene Möglichkeiten, Auswachsstelle (a) ohne Septum, (b und c) mit verstärktem Septum und Ausbeulung der dickwandigen Hyphe, (d und e) mit einfachem Septum; (a) dickwandige Hyphe mit unregelmäßigen, rundlichen Absonderungen der Zellwand (selten); (f - j) abziehende Hyphen, (f und g) gabelige Verzweigung; (h und i) dünne, dünnwandige, unregelmäßig ausgebuchtete Hyphen; (j) Hyphe mit intrahyphaler Hyphe. Alle Abbildungen von B2, 27.8.86.



Abb.52 - *Piceirhiza chordata*



20µm

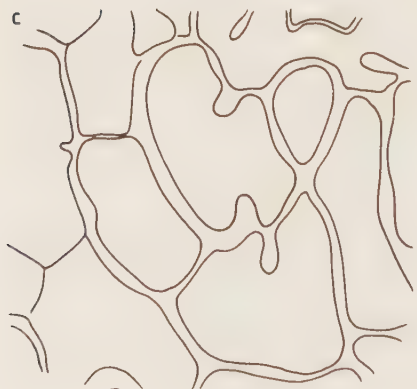


Abb.53 - *Piceirhiza chordata*

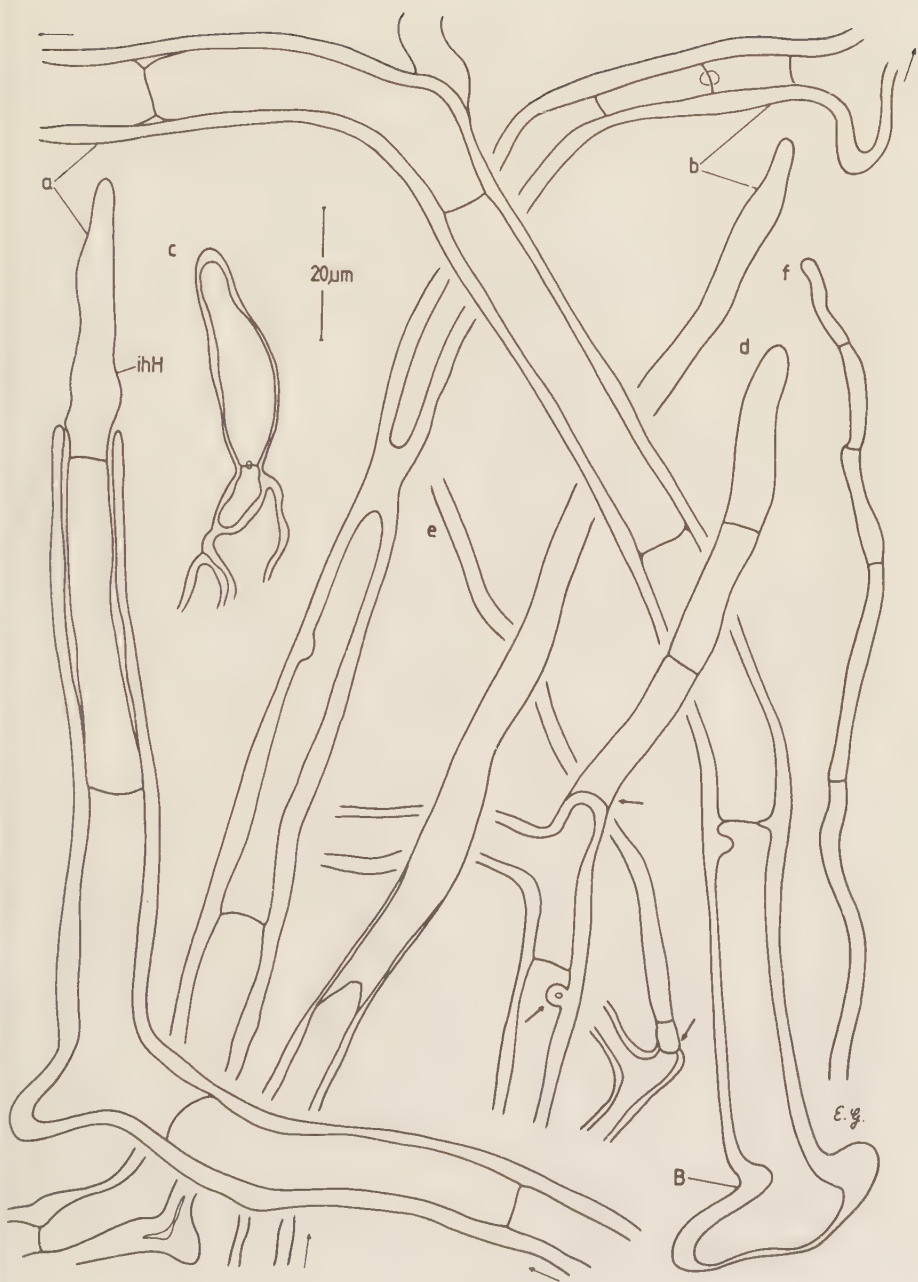


Abb.54 - *Piceirhiza chordata*



Abb.55 - *Piceirhiza chordata*



Abb.56 - *Piceirhiza chordata*

2.18. Russula ochroleuca (Pers.) Fr. (Taf.34 u. 35)

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, leg. R.Agerer 19.9.84; Fruchtkörper und Mykorrhiza in Herb. RA 10705 (in M); (Agerer 1986 b).

Habitus: (Abb.57 a - e)

Verzweigung meist monopodial-pyramidal, manchmal unregelmäßig (Abb.1 d). Enden der Hauptachse und Seitenäste meist stumpf abgerundet. Länge des Verzweigungssystems 2 - 17mm; Länge der unverzweigten Seitenenden bis 5mm; Durchmesser der Hauptachsen 0,5 mm - 1(1,2) mm; Durchmesser der Seitenenden 0,3 - 0,6 mm.

Seitenenden gelblich oder gelblich-oliv, mit runden, gelben, kristalloiden Auflagerungen. Unmittelbare Spitzen auch gelblich, aber weniger oder keine gelben Auflagerungen. Ältere Teile der Mykorrhiza bräunlich-oliv oder braun, gelbe Auflagerungen bräunlich verfärbt oder abwesend. Manche der Mykorrhizen mit glattem, gelblichem, olivem oder olivbraunem Hyphenmantel und selten auffindbaren gelblichen Auflagerungen (Abb.57 e); Rindenzellen dann z.T. durchscheinend. Manteloberfläche mit wenigen, hyalinen abziehenden Hyphen; Rhizomorphe wurde nur eine gefunden.

Mikroskopische Merkmale

Anatomie des Mantels in Flächenansicht (Abb. 57 f - h; Abb.58 a - f; Taf.34 a - f).

Mantelinnenfläche mit ca. 1,5 µm großen, doliporusähnlichen Strukturen; selten in Manteloberfläche.

Manteloberfläche pseudoparenchymatisch, mit angulären Zellen (Abb.57 f - h; Taf.34 a - c); runde, gelbliche kristalloide Auflagerungen meist vorhanden (Abb.57 f; Taf.34 b). Zell-Länge 6 - 30 µm, Zell-Durchmesser 6 - 15 µm; Wände hyalin, 0,5 - 1(1,5) µm dick. Anzahl der Zellen in 20 x 20 µm: (4)6 - 9(11). Entlang der Hauptachse der Mykorrhiza länglich-anguläre Zellen (Abb.58 f); Länge 8 - 35 µm, Durchmesser 4 - 12 µm; Anzahl der Zellen in 20 x 20 µm: 7 - 9.

Tieferliegende Mantelschichten: Übergang Pseudoparenchym/Plectenchym (Abb.58 a; Taf.34 d). Zellen meist länglich-angulär; Zell-Länge 6 - 35 µm, Durchmesser 2,5 - 9 µm; Wände unverdickt (ca. 0,3 µm).

Mantelinnenfläche plectenchymatisch (Abb.58 b, c; Taf.34 e), Hyphen verzweigt, mit einfachen Anastomosen ohne Sep-

tum, streckenweise parallel verlaufend (Abb.58 b) oder geschlängelt und stärker verflochten (Abb. 58 c). Hyphendurchmesser 2 - 3 (4) μm , Septenabstände 16 - 40 μm ; Wände hyalin, unverdickt.

Oberfläche der Mykorrhizenspitze pseudoparenchymatisch mit angulären (Abb.58 d) oder rundlichen (Abb.58 e; Taf.34 f) Zellen. Länge 3 - 9 μm , Durchmesser 3 - 8 μm ; Anzahl der Zellen in 20 x 20 μm : (15)18 - 23(25), Wände 0,3 - 1 μm dick.

Von der Manteloberfläche abziehende Elemente (Abb.59 a - i; Taf.35 f - j).

Abziehende Hyphen aus Basalzelle (= relativ kleine Mantelzelle; Breite 3 - 17 μm , Höhe 5 - 7 μm) entspringend; manchmal durch ein Septum von dieser getrennt (Abb.59 d - h). Hyphen manchmal mit leichten Ausbuchtungen (Abb.59 c, g; Taf.35 g, h, j), selten verzweigt, Durchmesser (1,5)2 - 3(4) μm , Septenabstände 8 - 60 μm , Septen selten verdickt bis 2 (7) μm , (möglicherweise am Septum zusammengedrückte Plasmareste), z.T. mit doliporusähnlichen Strukturen (0,5 μm). Wände hyalin, 0,3 - 1,5 μm dick.

Rhizomorphe (nur eine gefunden) mit gabelig verzweigten, etwas verdrehten Hyphen (Abb.59 i); Hyphendurchmesser 2 - 3 μm , Septenabstände 17 - 40 μm .

Anatomie im Querschnitt (Taf.35 c)

Manteldicke (25)30 - 45(50) μm , entspricht 5 - 11 Zellschichten; äußere und mittlere Schichten pseudoparenchymatisch, mit tangential-ovalen Zellen; innerste 2 - 3 Schichten plectenchymatisch, mit rundlichen Zellen.

Maße der Zellen der äußeren und mittleren Schichten: tangential 4 - 20(27) μm , radial 3 - 7(10) μm .

Maße der Zellen der innersten Schichten: tangential 2 - 4 (20) μm , radial (1,5)2 - 3(4) μm .

Wurzelhaubenderivate im innersten Mantelbereich, schmal, tangential langgestreckt.

Tanninzellen: Anzahl der Reihen: 1 (2) tangential-oval; Größe tangential (15)25 - 45 μm , radial 7 - 22(24) μm ; Tct = 29,2 μm ; TCq = 1,1.

Rindenzellen: Anzahl der Reihen (incl. Tanninzellen): 4 - 5; tangential-oval (Ausnahme radial-oval); Größe tangential (17)20 - 34 μm , radial 15 - 34(50) μm . CCT = 27 μm ; CCq = 1,3.

Hartisches Netz: Dicke incl. Restzellwände um Tanninzellen: 2,5 - 10 μm (meist 4 - 5 μm), um Rindenzellen: 2 - 3(5) μm . Anzahl der Hyphenreihen um Tanninzellen: 1(2 - 3), um Rindenzellen: 1. Hauptform der Hyphen um Tannin- und

Rindenzellen rund bis oval. Hartigsches Netz 1 - 3(4) Rindenzellschichten (incl. Tanninzellen) tief, nur ausnahmsweise bis zur Endodermis. Tanninzellen manchmal von Hyphen durchwachsen (s. Längsschnitt, Taf.35 d); Rindenzellen z.T. mit blasigen Einstülpungen des Hartigschen Netzes und Tannineinlagerungen.

Anatomie im Längsschnitt (Abb.60 a - e; Taf.35 a, b, d, e)

Mantelschichtung dem Querschnitt entsprechend; Zellen im äußeren und mittleren Mantelbereich tangential-oval bis angular, im inneren Bereich rundlich.

Gelbe, kristalloide Auflagerungen direkt auf der Manteloberfläche, oder auf zusätzlichen, von der Manteloberfläche gebildeten Zellanhäufungen (Abb.60 a, b; Taf.35 a). Zellanhäufungen plus kristalloide Auflagerungen bis 35 µm breit und bis 20 µm hoch.

Maße der Zellen der äußeren und mittleren Schichten: tangential (3)5 - 16(35) µm, radial 3 - 7(10) µm.

Innerste, plectenchymatische Zellen wie im Querschnitt.

Tanninzellen tangential schmal-oval; Größe tangential (25)30 - 120 (125) µm, radial 7 - 22(27) µm. TCt = 66,3 µm; TCq = 4,32.

Rindenzellen tangential schmal-oval bis rechteckig, Größe tangential (35)50 - 120 (140) µm, radial 15 - 34(50) µm. CCT = 89,2 µm; CCq = 3,10.

Hartigsches Netz auf Rindenzellen mit konstantem Durchmesser der Hyphen von 3 µm (Abb.60 e; Taf.35 e).

Mykorrhizenspitze: Manteldicke und -aufbau wie im übrigen Längsschnitt, Zellen der äußersten und mittleren Schichten tangential kleiner, Form rhombisch (Taf.35 b).

Farbreaktionen des Mantels mit verschiedenen Reagentien:

Äthanol 70%: ---; Ammoniumhydroxid:---; Anilin: ---; Baumwollblau: Wände bläulich; Brillantkresylblau: Wände blau-violett; Chlorazol-Black: Cytoplasma grau-grün; Eisensulfat: ---; Formol: ---; Guajak: ---; Kalilauge 15%: ---; Kongorot: Wände rosarot; Cytoplasma rosa - orange; Malachitgrün: Wände und Cytoplasma grünlich; Martius-Gelb:---; Melzers Reagens: ---; Milchsäure: ---; Phenol: alles schmutzig gelbgrün; Rutheniumrot: Wände orange gelb, Cytoplasma hellrosa; Säurefuchsin: ---; Sulfovanillin: alles orangebraun, Auflagerungen rotbraun; Toluidinblau: alles violett blau.

Autofluoreszenz:

Ganze Mykorrhiza: 254 nm:---; 366 nm:---;

Querschnitte: UV Filter 340 - 380 nm: Mantel außen ocker-gelblich, innen bläulich-weiß. Blaufilter 450 - 490 nm: Mantel außen weißlich-gelb, innen ocker.

Kernfärbung (KES) (Taf.34 g - i)

Pseudoparenchym: meist zwei nebeneinanderliegende Kerne (2 - 3 μ m im Durchmesser) (Taf.34 g) oder bis 10 Kerne pro Zelle (Taf.34 h); manchmal ein einzelner 4 - 7 μ m großer Kern (Taf.34 g, i)

Plectenchym: ein bis zwei 1,5 - 2 μ m große Kerne pro Zelle. Abziehende Hyphen mit einzelnen Kernen oder Kernpaaren (Durchmesser 1 - 1,5 μ m).

Identifizierung: Die Identifizierung erfolgte durch den Vergleich mit der von Agerer (Referenzbeleg RA 10705 in M) gefundenen Ektomykorrhiza von Russula ochroleuca (Pers.) Fr.

Untersuchtes Material:

Referenzbeleg;

weiteres Material:

Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese:

- a) mit Belegen: C1, 25.9.86 (in M, wurde für obenstehende Beschreibung verwendet); A1, 19.6.86 (in M); C1, 19.6.86 (in M) und B1, 19.6.86 (in M), wurden zusätzlich für die Habituszeichnungen verwendet;
B2, 19.6.86 (in M);
- b) ohne Belege: C1, 6.11.84; C1 19.6.85; C1, 25.9.86; B1, 11.7.85; B1, 12.9.85; B1, 7.10.85; B1, 25.9.86; B2, 11.7.85; B2, 12.9.85; B2, 7.10.85; B2 15.7.86;

Bezüglich Daten über Ektomykorrhizen der Gattung Russula Pers.: S.F.Gray in der Literatur s. S. 181.

Wichtigste Merkmale der Ektomykorrhiza von Russula ochroleuca.

Typisch ausgeprägte Mykorrhizen von Russula ochroleuca sind gelb oder gelblich-oliv und durch die runden, gelblichen Auflagerungen unverwechselbar. Manchmal sind diese Auflagerungen auch rötlich gefärbt, ausführliche Untersuchungen zeigten, daß es sich auch hier um die Mykorrhiza von Russula ochroleuca handelt. Einige Exemplare jedoch haben einen glatten, gelblichen, oliv bis olivbraunen Hyphenmantel und könnten möglicherweise mit Lactarius-Mykorrhizen verwechselt werden, da auch diese kaum abziehende Hyphen und selten auffindbare Rhizomorphen aufweisen. Manchmal finden sich jedoch an der Basis der

abzweigenden Seitenenden der glatten Form von Russula ochroleuca einige wenige der runden, gelben oder z.T. auch bräunlichen Auflagerungen; darauf sollte genau geachtet werden; Ansonsten müssen zur Bestimmung mikroskopische Details herangezogen werden.

Der Mantelaufbau der Mykorrhizen von Russula ochroleuca, Lactarius decipiens und Lactarius theiogalus ist gleich: die äußeren Zellschichten sind pseudoparenchymatisch, mit mehr oder weniger angulären Zellen, die inneren Schichten sind dicht plectenchymatisch. Auch die abziehenden Hyphen sind nicht für eine Bestimmung geeignet. Das wichtigste Unterscheidungsmerkmal sind somit die bei den Lactarius-Mykorrhizen in den mittleren und inneren Mantelschichten auftretenden Lactiferen. Weiters wurde bei der Russula ochroleuca-Mykorrhiza ein größerer Manteldurchmesser von (25)30 - 40(50) μm (bei den zwei Lactarius-Mykorrhizen nur 25 - 30 μm) festgestellt.

LEGENDE zu Abb.57 - 60.

Abb.57 - Russula ochroleuca (a - e) Habitus, Mykorrhizen von verschiedenen Aufsammlungen; (a, b und e) von A1, 19.6.86; (c) von B1, 19.6.86; (d) von C1, 19.6.86; (a - d) Mantel mit rundlichen, kristalloiden Ablagerungen in regelmäßigen Abständen; (e) Mantel fast glatt; (f, g und h) Mantelaufsichten, Pseudoparenchym mit unterschiedlich großen, angulären Zellen; (f) Mantel mit kristalloiden Ablagerungen. Außer Habituszeichnungen (s. oben) alle Abbildungen von C1, 30.10.84.

Abb.58 - Russula ochroleuca - (a) mittlere bis innere Mantelschicht, Übergang Pseudoparenchym/Plectenchym, Zellen länglich; (b und c) Mantelinnenansicht, Plectenchym mit Anastomosen und doliporusähnlichen Strukturen, verschiedene Hyphenanordnungen; (d und e) Mantelaufsichten der Mykorrhizenspitze; (d) Wände ca.1 μm dick, Zellen angulär; (e) Wände dünn, Zellen abgerundet-eckig; (f) Mantelaufsicht entlang der Hauptachse der Mykorrhiza. Alle Abbildungen von C1, 30.10.84.

Abb.59 - Russula ochroleuca - (a - h) abziehende Hyphen; (a) Hyphenenden mit unterschiedlichem Durchmesser, Wände meist dünn; (b) Hyphe mit verdickten Septen (Plasma-
reste?); (c - h) aus Manteloberflächenzellen auswachsende Hyphen; (c) mit verdickter und ausgebuchteter Zellwand; (c') Fortsetzung von (c); (f, g und h) mit streckenweise unterschiedlich dicken Zellwänden; (i) Rhizomorphe. Alle Abbildungen von C1, 30.10.84. }

Abb.60 - Russula ochroleuca - (a - e) Längsschnitte median; (a und b) verschieden große Zellanhäufungen auf Mantelaußenseite mit kristalloiden Ablagerungen; (b, c und d) aus Manteloberflächenzellen auswachsende Hyphen; (e) Hartigsches Netz (HN) auf Rindenzelle. Alle Abbildungen von C1.30.10.84.

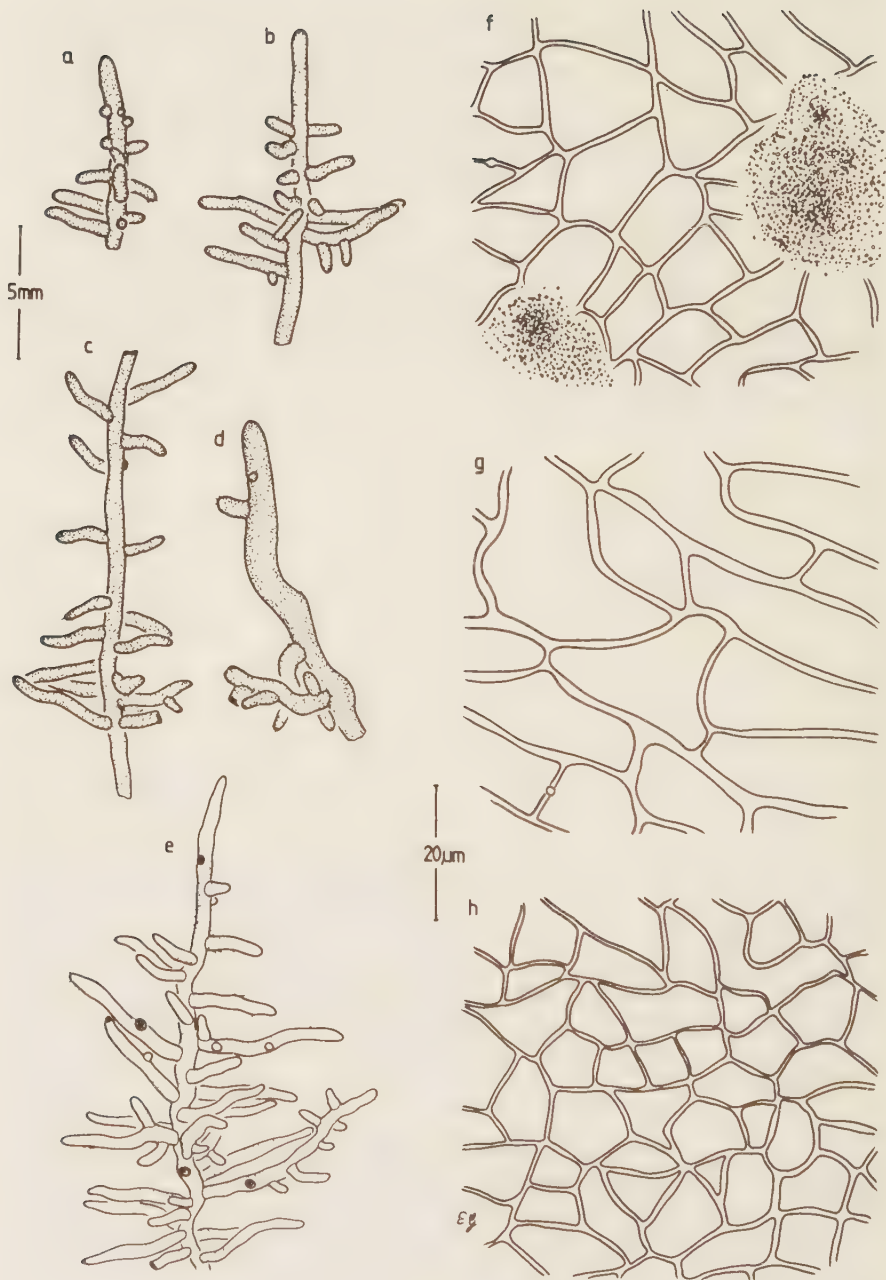


Abb.57 - *Russula ochroleuca*

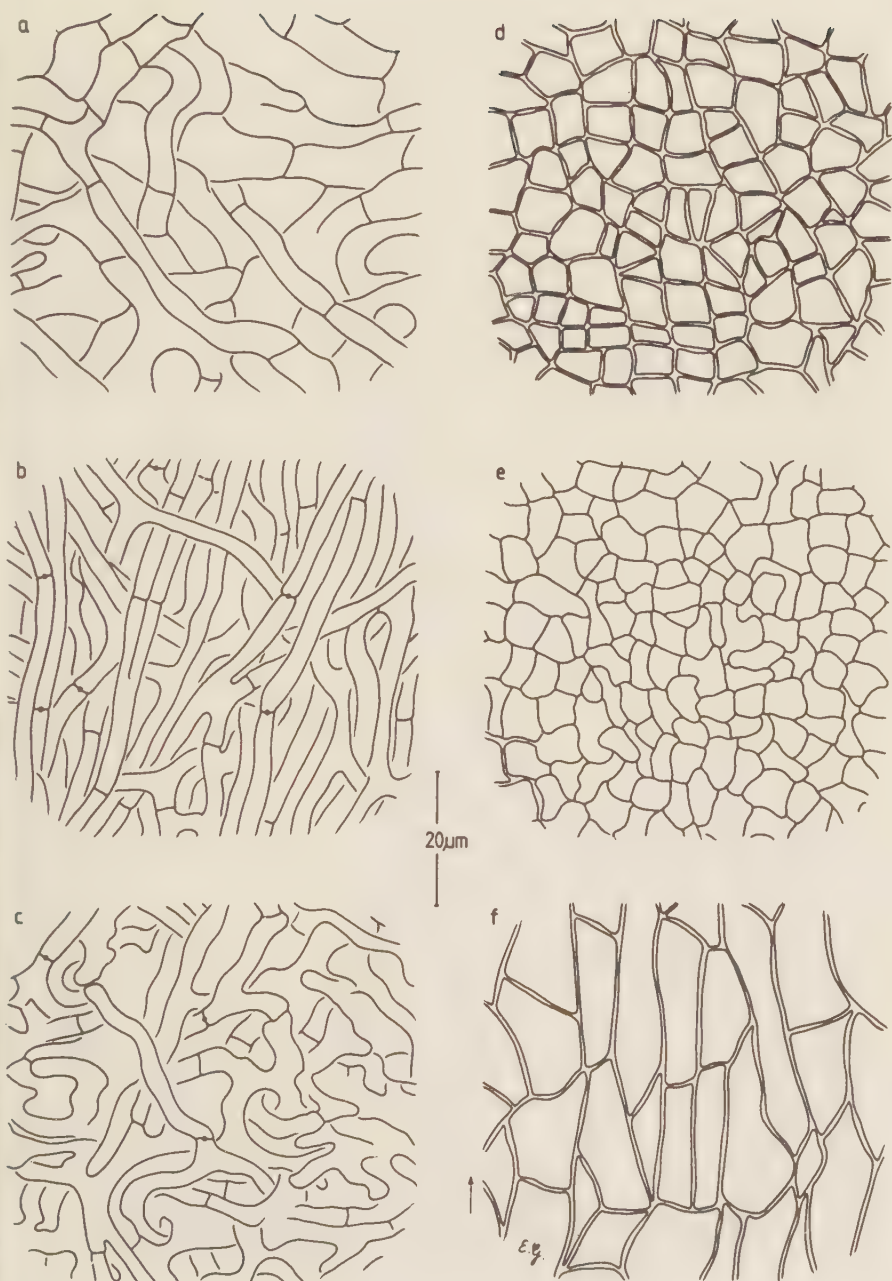


Abb.58 - *Russula ochroleuca*



Abb.59 - *Russula ochroleuca*

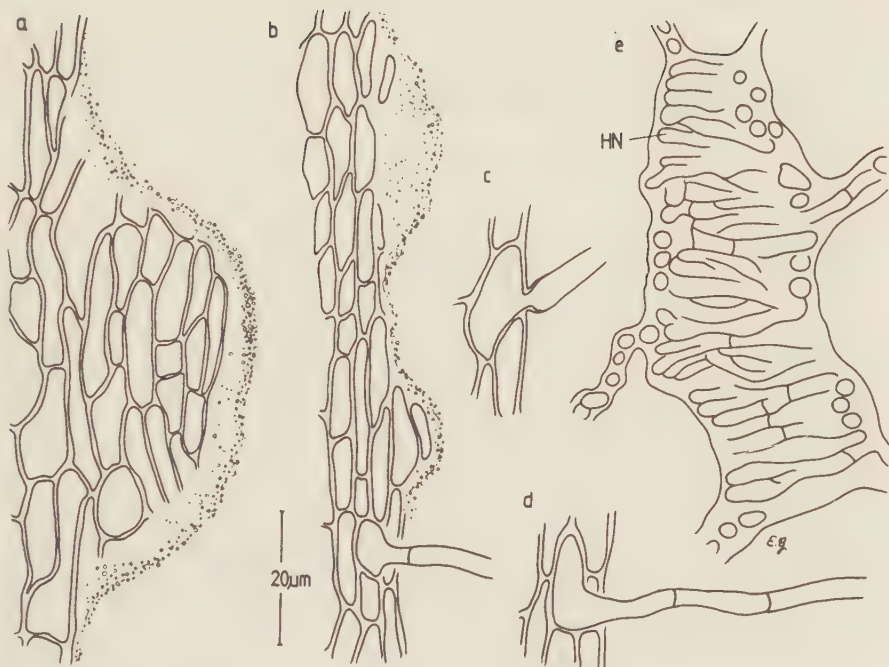


Abb.60 - *Russula ochroleuca*

2.19. Hygrophorus pustulatus Pers.(Fr.) (Taf.36 u. 37)

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Distrikt Höglwald, Abt. Ottlerwiese: Fläche B1, 22.10.86, leg.E.Gronbach (M).

Habitus: (Abb.61 a)

Verzweigung unregelmäßig monopodial-pyramidal; Hauptachsenspitze und Seitenäste in der Mitte leicht keulig verdickt. Länge des Verzweigungssystems 2,5 - 20 mm; Länge der unverzweigten Seitenenden bis 4 mm; Durchmesser der Hauptachse 0,3 - 1,1 mm; Durchmesser der Seitenenden 0,3 - 0,8 mm.

Seitenenden fleischfarben bis ocker, z.T. silbrig glänzend; unmittelbare Spitzen weißlich bis hyalin; ältere Teile der Mykorrhiza bräunlich.

Manteloberfläche glatt, glänzend, Rindenzellen manchmal durchscheinend; Mykorrhiza stellenweise von hyalinen Hyphen locker umhüllt; vereinzelt wenig verzweigte, drehrunde, fast glatte Rhizomorphen mit sockelartiger Ansatzstelle; Farbe silbrig glänzend bis fleischfarben.

Mikroskopische Merkmale:

Anatomie des Mantels in Flächenansicht (Abb.61 b - d; 62 a - c; Taf.36 a - f)

Mantelzellen ohne erkennbare doliporusähnliche Strukturen. Manteloberfläche pseudoparenchymatisch; Zellen epidermoid (Abb.61 b,d; Taf.36 a), einzelne Mantelzellen mit schmal ausgezogenen, einfach septierten Verbindungsstücken (Abb. 64 a - d; Taf.37 g); Zell-Länge 5 - 20 μm , Zell-Durchmesser 4 - 10 μm (Verbindungsstücke 2 - 4 μm), Wände hyalin, unverdickt, mit selten zapfenförmigen Vorsprüngen. Anzahl der Zellen in 20 x 20 μm : 7 - 10.

Eigentliche Manteloberfläche häufig von abziehenden Hyphen verdeckt (Abb.61 c; Taf.36 b,).

Darunterliegende Mantelschicht: Übergangsform Pseudoparenchym/Plectenchym. Hyphenzellen 3 - 5(6) μm im Durchmesser, mit Schnallen und einfachen Septen.

Mittlere und innere Mantelschichten dicht plectenchymatisch (Abb.62 a - c; Taf.36 c - f); Hyphendurchmesser 3 - 5 (7) μm ; Abstände der einfachen Septen 4 - 40 μm , Abstände der Schnallen 30 - 200 μm ; Anastomososen ohne Septen (Taf.36 d, e).

Oberfläche der Mykorrhizenspitze (Abb.61 d) wie Manteloberfläche, Zellen kleiner; Anzahl der Zellen in 20 x 20 μm : 15 - 18.

Von der Manteloberfläche abziehende Elemente (Abb.62 d - g; 63 a - c, e; 64 e - p; Taf.37 d - m).

Manteloberflächenzelle ist Basalzelle der abziehenden Hyphen; Übergang kontinuierlich oder über verschmälerte (2 - 4 μ m im Durchmesser), einfach septierte Abschnitte (Abb. 64 e - i; Taf.37 g).

Hyphen meist unverzweigt, sonst gabelig verzweigt, selten mit Anastomosen (ohne Septum) (Abb.63 e); Hyphendurchmesser 3 - 6 μ m, Abstände der einfachen Septen 4 - 50 μ m Abstände der Schnallen 30 - 200 μ m. Beide Septentypen manchmal verdickt bis 1,5 μ m (Abb.64 i, k, n;). Zellwände hyalin, dünn, selten bis 1,5 μ m verdickt (Abb. 64 c, i, k, l; Taf.37 i). Hyphenspitzen selten durch auswachsende, hyaline, intrahyphale Hyphen gebildet (Abb. 64 o); intrahyphale Hyphen (Durchmesser 1,5 - 2 μ m, einfach septiert) manchmal innerhalb der Hyphen von Septum zu Septum wachsend, oder seitlich auswachsend (Abb. 62 e; 64 l, m; Taf.37 i, j). Abziehende Hyphen selten kugelig bis 9 μ m aufgebläht (Abb.64 j; Taf.37 k). Doliporusähnliche Strukturen (ca.1 μ m) wurden nur einmal aufgefunden (Taf. 37 l).

Rhizomorphen aus gebündelten und leicht verdrehten abziehenden Hyphen (Abb.62 f,g; 63 a; Taf.37 d, e, m); Durchmesser 20 - 150 μ m. Rhizomorphenhyphen merkmalsgleich mit abziehenden Hyphen, nur stärker verzweigt. Besonderheiten wie Wandverdickungen, intrahyphale Hyphen und kugelige Anschwellungen wurden hier nicht beobachtet.

Anatomie im Querschnitt: (Abb.62.d; 63 d; Taf.37 b)

Manteldicke 20 - 60 μ m (7 - 16 Zellschichten incl.aufliegende abziehende Hyphen); äußerste Schicht pseudoparenchymatisch, manchmal von abziehenden Hyphen überlagert (Abb.62 d), mittlere und innere Schichten plectenchymatisch.

Maße der äußersten Zellen: tangential (2)3 - 12(35) μ m, radial(2)4 - 7 μ m.

Maße der mittleren und inneren Zellen: tangential 3 - 10 (20) μ m, radial 3 - 5 μ m.

Wurzelhaubenderivate im innersten Mantelbereich, schmal, langgestreckt.

Tanninzellen: Anzahl der Reihen: 2(3); tangential-oval; Größe tangential (15)20 - 45(50) μ m, radial (7)10 - 25(30) μ m. TCt = 32,2 μ m; TCq = 2,2.

Rindenzellen: Anzahl der Reihen (incl.Tanninzellen): 4 - 5; tangential-oval; Größe tangential 15 - 35 μ m, radial 10 - 25(30) μ m. CCT = 24,3 μ m; CCq = 1,4.

Hartigsches Netz (Taf.37 b; s.Längsschnitt Taf.37 a): Dicke incl. Restzellwände um Tanninzellen: 4 - 13 μm , um Rindenzellen: 2 - 4 μm . Anzahl der Hyphenreihen um Tanninzellen: 1 - 2(3), um Rindenzellen: 1. Hauptform der Hyphenzellen um Tannin- und Rindenzellen rund bis oval. Einzelne Hyphe um Tanninzellen bis 13 μm im Durchmesser. Hartigsches Netz 3 - 4 Rindenzellschichten (incl. Tanninzellen) tief.

Rindenzellen z.T. mit blasigen Einstülpungen des Hartigschen Netzes (Abb.63 d) und intrazellulären Hyphen (s. Längsschnitt Taf.37 c), wie Mantelhyphen aussehend.

Anatomie im Längsschnitt: (Taf.36 g, 37 a, c)

Mantelschichtung dem Querschnitt entsprechend; Hyphen der mittleren und inneren Zellschichten oft in Längsrichtung der Mykorrhizenachse verlaufend, im Schnitt also Septenausprägung und -abstände gut erkennbar.

Maße der äußersten Zellen: tangential: 3 - 18 μm , radial 3 - 7 μm .

Maße der darunterliegenden plectenchymatischen Zellen: tangential 3 - 10 μm , bei in Längsrichtung verlaufenden Hyphen s. Septenabstände!; radial 3 - 6 μm .

Tanninzellen tangential sehr schmal, langgestreckt; Größe tangential (40)50 - 120(140) μm , radial (7)10 - 25 (30) μm . TCt = 90,3 μm ; TCq = 5,4.

Rindenzellen tangential schmal, langgestreckt; Größe tangential (60)70 - 120(130) μm , radial 10 - 25(30) μm . CCt = 95,9 μm ; CCq = 5.

Mykorrhizenspitze: Manteldicke 20 - 35 μm , Aufbau wie im übrigen Längsschnitt, ohne aufliegende abziehende Hyphen; Zellen der äußersten Mantelschicht kleiner.

Farbreaktionen des Mantels mit verschiedenen Reagentien:

Äthanol 70%: ---; Anilin: ---; Baumwollblau: Wände bläulich; Brillantkresylblau: Wände violett, nach Auswaschen mit Wasser blau; Eisensulfat: Wände ---, Cytoplasma graugrün; Formol: ---; Guajak: ---; Kalilauge 15%: ---; Kongo-rot: Wände pink, Cytoplasma hellrot; Malachitgrün: Wände giftgrün, Cytoplasmahellgrün; Martius - Gelb: ---; Melzers Reagens: Wände ---, Cytoplasm gelblich grün; Milchsäure: ---; Phenol: ---; Rutheniumrot: Wände pink, Cytoplasma hellrosa; Säurefuchsin: Wände und Cytoplasma hellpink; Sulfovanillin: Wände und Cytoplasma leicht rosa; Toluidinblau: Wände violett, Cytoplasma hellviolett .

Autofluoreszenz:

Ganze Mykorrhiza: 254 nm:---; 366 nm:---;

Querschnitte: UV Filter 340 - 380 nm: Mantel außen gelblich-grün, innen weißlich-blau. Blaufilter 450 - 490nm: Mantel außen gelblich, innen ocker-gelblich.

Kernfärbung (KES):

Mantel: je zwei dicht nebeneinanderliegende Kerne (Durchmesser 1 - 1,5 μ m), manchmal bis vier und mehr pro Zelle oder ein einzelner Kern pro Zelle mit einem Durchmesser von 2 - 3 μ m.

Identifizierung:

Direkte Verbindungen der Mykorrhiza zum Fruchtkörper konnten nachgewiesen werden.

Untersuchtes Material:

Referenzbeleg;

weiteres Material:

Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach; Distrikt Höglwald; Abt. Ottlerwiese:

- a) mit Belegen: A1, 29.10.86 (in M); C1, 29.10.86 (in M); B1, 29.10.86 (in M); B2, 29.10.86 (in M);
- b) ohne Belege: C1, 1.4.86; C1, 21.4.86; C1, 29.6.86; C1, 9.10.86; B1, 8.10.85; B1 30.10.85; B1, 15.7.86; B1, 16.9.86; B2, 21.4.86; B2, 28.4.86; B2, 27.8.86; B2, 16.9.86.

Bezüglich Daten über Ektomykorrhizen der Gattung Hygrophorus Fr. in der Literatur s. S. 182.

Wichtigste Merkmale der Ektomykorrhiza von Hygrophorus pustulatus

Verwechslungsmöglichkeit mit Piceirhiza conspicua s. Punkt III.2.13.

Die Mykorrhiza von Hygrophorus pustulatus ist glatt, fleischfarben bis ocker mit wenig abziehenden Hyphen und vereinzelt Rhizomorphen. Die Manteloberfläche ist pseudoparenchymatisch mit epidermoiden Zellen, die Mantelinnenfläche dicht plectenchymatisch. Alle Hyphen tragen Schnallen und dazwischen sind in kürzeren Abständen einfache Septen.

Die abziehenden Hyphen (Durchmesser 3 - 6 μ m, selten kugelig bis 9 μ m aufgebläht) haben ebenfalls Schnallen und dazwischen einfache Septen, die Hyphenwände sind hyalin und unverdickt (selten bis 1,5 μ m dick), intrahyphale Hyphen wurden relativ häufig beobachtet; die Rhizomorphen sind drehrund, fast glatt und aus gebündelten, verdrehten Hyphen aufgebaut.

LEGENDE zu Abb.61 - 64.

Abb.61 - Hygrophorus pustulatus - (a) Habitus; (b) Mantelaufsicht pseudoparenchymatisch, Zellen epidermoid; (c) Mantel mit aufliegenden abziehenden Hyphen; (d) Mantelaufsicht auf die Mykorrhizenspitze. Alle Abbildungen von B1, 22.10.86.

Abb.62 - Hygrophorus pustulatus - (a, b und c) Mantelinnenfläche dicht plectenchymatisch, verschiedene Hyphenanordnungen, Schnallen z.T. erkennbar; (d) Mantel im Querschnitt mit abziehenden Hyphen; (e) abziehende Hyphe mit vom Septum einwachsender, intrahyphaler Hyphe (s. Pfeil); (f) Rhizomorphe; (g) Rhizomorphenspitze. Alle Abbildungen von B1, 22.10.86.

Abb.63 - Hygrophorus pustulatus - (a) Rhizomorphe in Aufsicht, Hyphen undifferenziert; (b, c und e) abziehende Hyphen; (b) mit Schnallen und einfachen Septen; (b') vom Septum einwachsende, intrahyphale Hyphen (s. Pfeil); (c) Hyphenenden, vielfach septiert (d) Querschnitt, blasige Einstülpungen des Hartigschen Netzes (HN) in die Rindenzellen (Riz); (e) Anastomose. Alle Abbildungen von B1, 22.10.86.

Abb.64 - Hygrophorus pustulatus (a - d) Manteloberflächenzellen mit dünn ausgezogenen Verbindungsstücken (c, s. Pfeil); diese z.T. mit verdickten Wänden (c, s. Pfeil); Oberflächenzellen mit einfachen Septen; (e - i) aus Manteloberflächenzellen abziehende Hyphen; (e, f und g) Septenwände der Schnallen leicht verdickt (s. Pfeile); (g) seitlich auswachsende, dünnwandige Hyphe; (i) Hyphenwand verdickt; (j) blasige Anschwellungen der Hyphen; (k) Hyphenausbuchtung an Septum; (l und m) seitlich auswachsende intrahyphale Hyphen; (n, o und p) Hyphenenden, (n) mit verdickten Septen (Plasmareste); (o) apikal auswachsende, intrahyphale Hyphe; (p) Hyphenende mit geringem Durchmesser. Alle Abbildungen von B1, 22.10.86.



Abb. 61 - *Hygrophorus pustulatus*

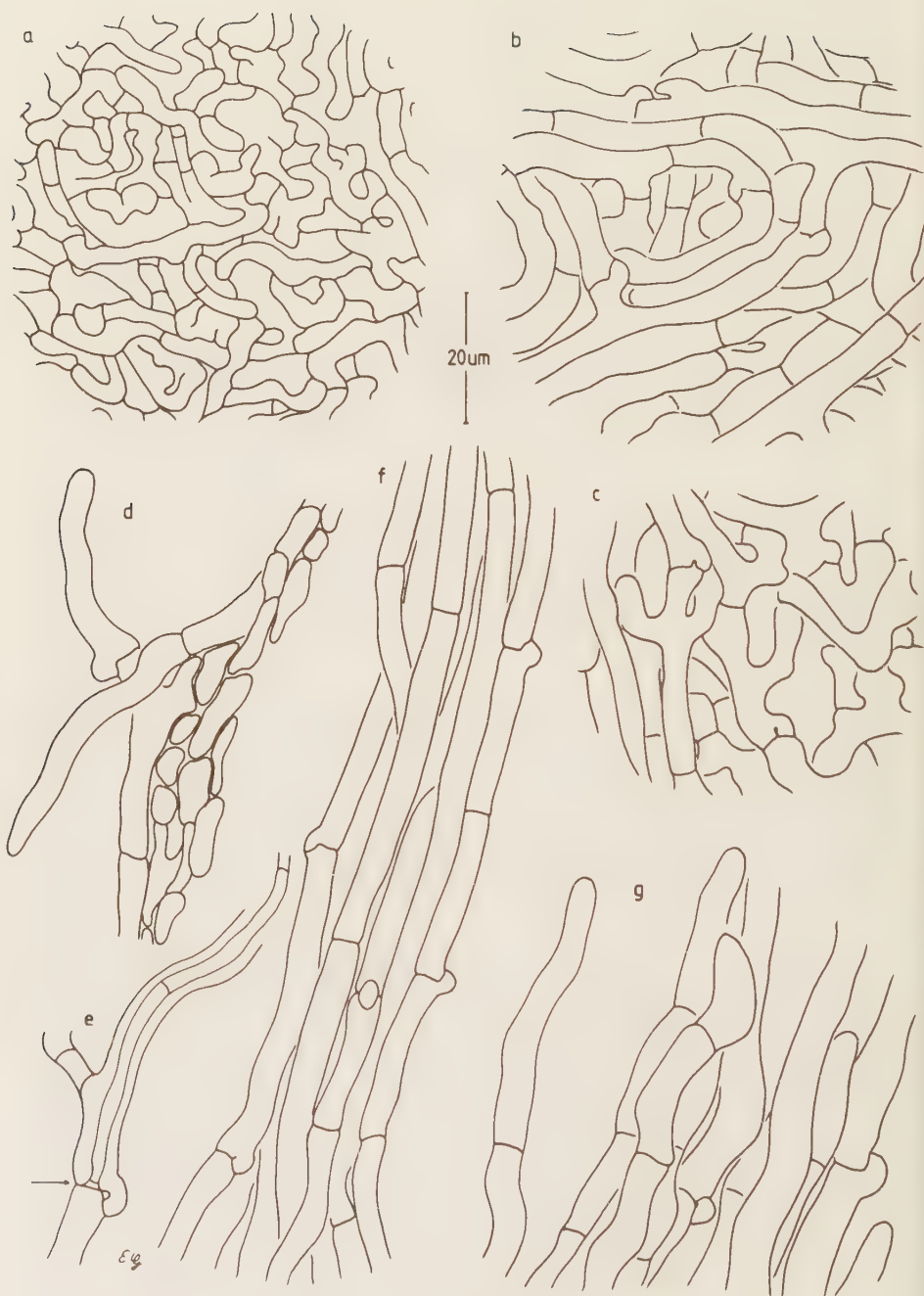


Abb.62 - *Hygrophorus pustulatus*



Abb.63 - *Hygrophorus pustulatus*

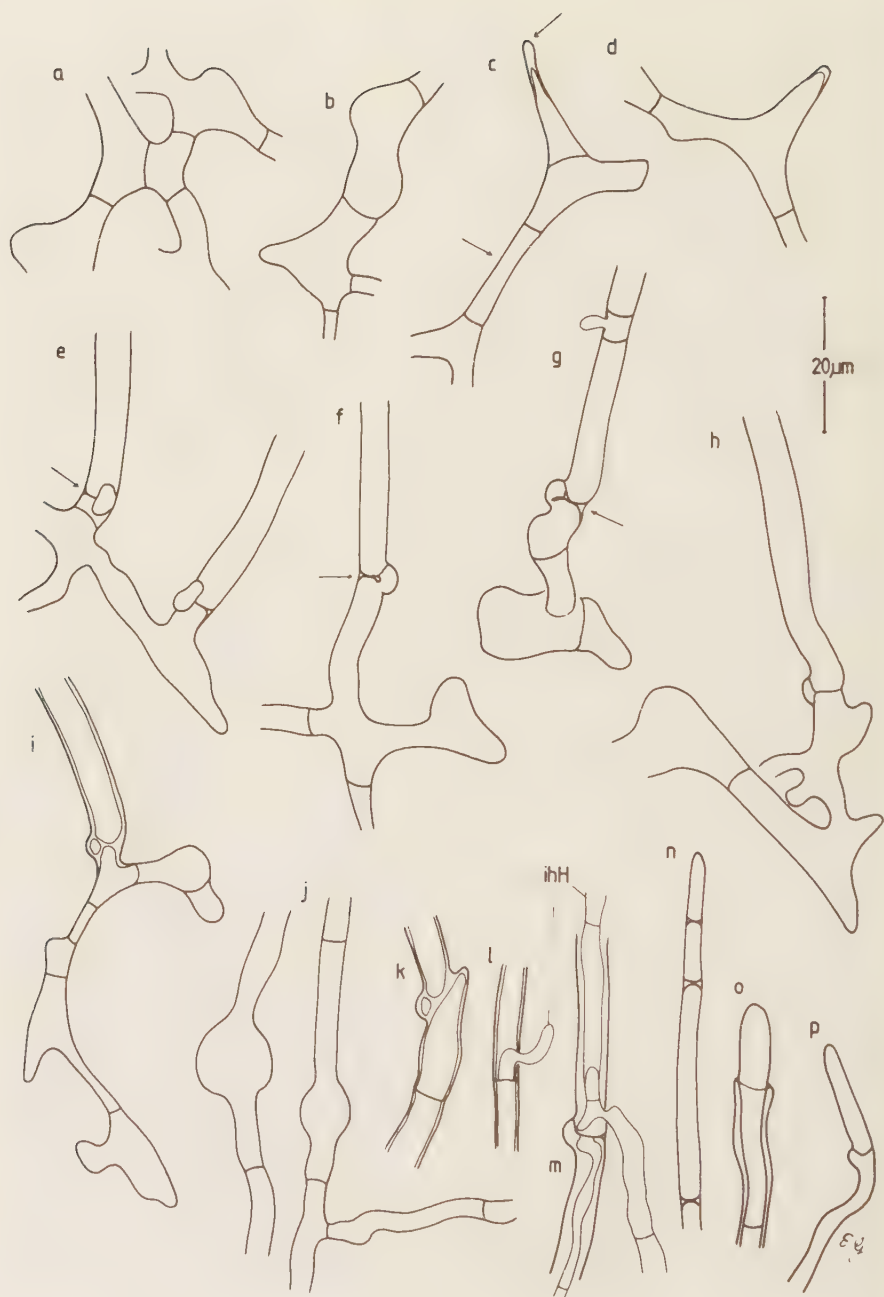


Abb.64 - *Hygrophorus pustulatus*

IV. DISKUSSION

1. Beschreibungen vorliegender Ektomykorrhizen in der Literatur.

1.1. Cenococcum geophilum Fr.

Die erste Darstellung einer Mykorrhiza, die aussieht wie Cenococcum findet sich bei GIBELLI (1883). FRIES beschrieb schon 1829 die vom Pilz gebildeten Sklerotien, (damals wurden sie als Fruchtkörper angesehen) und belegte sie mit dem Namen Cenococcum geophilum. Die monotypische Formgattung Cenococcum ist durch diese kleinen schwarzen Sklerotien mit pudrigem Inhalt definiert und weltweit als Ektomykorrhiza-Bildner sehr vieler Baumarten bekannt (HATCH 1934; LIHNELL 1942; MIKOLA 1948; TRAPPE 1962, 1964). Auch bei einigen krautigen Pflanzen alpiner Hochlagen wurde Cenococcum nachgewiesen (FONTANA 1977; HASELWANDTER & READ 1979).

Cenococcum wird derzeit zur Ascomycetenordnung Elaphomycetales (TRAPPE 1971) gestellt. TRAPPE (1962) schloß aufgrund des großen Toleranzbereiches von Cenococcum, daß von dieser Pilzart verschiedene Genotypen existieren müssen. In unserer Arbeitsgruppe (BERG, Diplomarbeit 1986) konnten zwei verschiedene Sippen anhand von Mykorrhizen- und Kulturmerkmalen differenziert werden.

CHILVERS (1968) beschrieb diese Mykorrhiza ausführlich für Eucalyptus. Bei DOMINIK (1969) entspricht seine als Genus Ga bezeichnete Mykorrhizaform Cenococcum.

Das typische sternförmige Zellmuster der Manteloberfläche macht Cenococcum unverwechselbar. Angaben über die Zellgrößen schwanken etwas, wie auch die Daten über die Hyphenwandstärke. In allen bisherigen Beschreibungen (MELIN 1927; HATCH 1927; LIHNELL 1939; TRAPPE 1962; CHILVERS 1968) wurde jedoch einheitlich festgestellt, daß die länglichen und rundlichen Zellen der Manteloberfläche immer in dem typischen Muster angeordnet sind. In vorliegender Untersuchung wurde versucht den Hyphenverlauf und -charakter genau darzustellen; dies ist durchaus möglich, da die Wände der nebeneinanderliegenden Hyphen verschmolzen und meist wesentlich dicker als die Septen sind. Daher wurde die Manteloberflächenstruktur auch nicht als pseudoparenchymatisch (CHILVERS 1968), sondern als "dicht plectenchymatisch" bezeichnet. Der von CHILVERS (1968) angegebene

Durchmesser der Hyphen der Mantelinnenseite (2,5 - 4 μm im Querschnitt) konnte bestätigt werden.

Der Durchmesser der abziehenden Hyphen verschiedener Beschreibungen unterscheidet sich (im Querschnitt) erheblich, liegt aber insgesamt in einem Bereich von 2 - 8 μm (MELIN 1927; HATCH 1934; LIHNELL 1939; TRAPPE 1962; CHILVERS 1968). Hier wurden solche Hyphenmaße an ein und derselben Mykorrhiza festgestellt. Gewellte oder gerade Hyphen, mit oder ohne Wandauflagerungen, die mehr oder weniger verzweigt sind, wurden beschrieben. Hier traten diese Merkmale in Kombination auf, nur waren die Hyphen kaum verzweigt. Zusätzlich waren intrahyphale Hyphen anzutreffen, die durch seitliches oder apikales Auswachsen den Anteil der dünneren und meist hyalinen Hyphen stellten. Die bisher beschriebenen Manteldicken lagen alle innerhalb 18 und 40 μm , unterschieden sich jedoch im jeweiligen Durchschnitt. BERG (Diplomarbeit, 1986) konnte zwei Cenococcum-Typen eindeutig anhand von Kulturmerkmalen unterscheiden und beschreibt auch unterschiedliche Manteldicken der Mykorrhizen. Der Cenococcum Typ mit einem relativ dicken Hyphenmantel stammte aus dem Höglwald. In der vorliegenden Untersuchung konnte dies bestätigt werden, die Manteldicke lag zwischen 30 und 35 μm .

1.2. Piceirhiza nigra

Bei Piceirhiza nigra handelt es sich vermutlich um die gleiche Mykorrhiza-Art, die von HAUG (1987) als 'Form 25' beschrieben wurde. Die Habitusbeschreibung stimmt überein, bis auf die Manteloberflächenstruktur, die von HAUG (l.c.) als fein papillös bezeichnet wird (hier: körnig-warzig). Haug (l.c.) beschreibt gleich aussehende, abziehende Hyphen, der angegebene Durchmesser liegt bei 4,6 - 5,8 μm (im Vergleich dazu 2,5 - 5,5 μm), auch Cystiden der gleichen Gestalt sind aufgeführt, allerdings ohne Größenangaben. Die Manteleigenschaften von 'Form 25' entsprechen denen von Piceirhiza nigra; der Durchmesser der Hyphen der innersten Mantelschicht wird mit 3 - 5 μm angegeben (im Vergl. 2,5 - 5,5 μm). Die bei Piceirhiza nigra vorgefundenen Zellanhäufungen fehlen bei 'Form 25'. Da diese auch bei einigen, vermutlich älteren Exemplaren von Piceirhiza nigra fehlten, besteht kein Anlaß, anzunehmen, es handle sich um zwei verschiedene Ektomykorrhiza-Arten. Die geringen Abweichungen der Hyphendurchmesser liegen im Bereich der Variabilität.

HAUG (l.c.) fand bei elektronenmikroskopischen Untersuchungen Doliporen mit perforierten Parenthosomen.

DANIELSON et al. (1983) konnten die Ektomykorrhiza einer Tomentella-Art synthetisieren. Die kurze Beschreibung der

Mykorrhiza weist mehrere Parallelen zu Piceirhiza nigra auf. Gemeinsame Merkmale sind die Farbe, die Verzweigungsart, die pseudoparenchymatische Manteloberflächenstruktur, das Vorkommen von Cystiden und abziehenden Hyphen, die glatt oder warzig sein können und Schnallen aufweisen. Auffällig ist das Auftreten von relativ großen, braunen, kristalloiden Ablagerungen in und auf den abziehenden Hyphen, die sich mit KOH grünlich färben. Bei Piceirhiza nigra treten solche Strukturen ebenfalls, aber nicht so häufig wie bei der von DANIELSON et al. (l.c.) auf PDA (Potato Dextrose Agar) synthetisierten Tomentella-Mykorrhiza auf. Der Durchmesser der abziehenden Hyphen liegt mit ca. 4 μm innerhalb der Werte der von Piceirhiza nigra. Wahrscheinlich handelt es sich bei Piceirhiza nigra um eine Tomentella-Mykorrhiza, zumal im Höglwald von den Basidiomyceten auch Tomentella-Arten als Mykorrhiza-Bildner in Frage kommen.

1.3. Piceirhiza gelatinosa (GRONBACH & AGERER 1986)

HAUG (1987) konnte die makroskopischen und mikroskopischen Charakteristika von Piceirhiza gelatinosa an der von ihr als 'Form 5' bezeichneten Mykorrhiza bestätigen. In elektronenmikroskopischen Untersuchungen fand sie eine strukturierte Matrix im Bereich des Hyphenmantels und eine homogene Matrix im Bereich des Hartigschen Netzes. Doliporen mit perforiertem Parenthosom wurden beschrieben; dies spricht für einen Basidiomyceten als Pilzpartner.

1.4. Ektomykorrhizen der Gattung Cortinarius Fr.

Die Mykorrhiza von Cortinarius obtusus wurde ausführlich von AGERER (1987) beschrieben. Durch den Vergleich mit dieser, konnte die in vorliegender Arbeit beschriebene Ektomykorrhiza identifiziert werden. Die morphologischen Eigenschaften stimmen überein, im mikroskopischen Bereich waren die Mantelstrukturen und die der abziehenden Hyphen bzw. Rhizomorphen gleich. Geringe Abweichungen (nicht mehr als 1 μm) waren bei den Abmessungen der Hyphen der Manteloberfläche anzutreffen (3 - 5 μm gegenüber (3) 4,5 - 6 μm); bei den abziehenden Hyphen stellte AGERER (l.c.) einen Maximaldurchmesser von 7,5 μm fest (hier 6,5 μm). Die Quer- und Längsschnitte der Mykorrhizen zeigten einige Unterschiede, die auf unterschiedliche Entwicklungsstadien zurückgeführt werden können oder im Bereich der Variabilität liegen. Die von AGERER (l.c.) beschriebenen Mykorrhizen stammen ebenfalls aus dem Fichtenbestand des Höglwaldes. Abmessungen im Querschnitt der von AGERER (l.c.) untersuchten Mykorrhiza: Manteldurchmesser: (10) 15 - 20 μm

(hier 20 - 40 μm); $\text{Tct} = 27,7 \mu\text{m}$ (hier $\text{Tct} = 45,4 \mu\text{m}$); $\text{TCq} = 3,6$ (hier: 5,7); $\text{Cct} = 22 \mu\text{m}$ (hier: $28,6 \mu\text{m}$); $\text{CCq} = 1,1$ (hier 1,7); Hartigsches Netz um Tanninzellen 3 - 6(9) μm dick, aus einer Reihe Hyphen aufgebaut (hier 2 - 12 (15) μm , aus 1 - 3 Reihen von Hyphen); um Rindenzellen 2 - 3 μm dick, ebenfalls aus einer Hyphenreihe (hier 2 - 5 μm , eine Hyphenreihe) Eindringtiefe des Hartigschen Netzes 3 - 4 Rindenzellschichten (hier: 3). Die Unterschiede der Längsschnitte waren geringer. Die Bedeutung dieser Werte wird unter Punkt IV. 3.2.3. erläutert. AGERER (l.c.) fand keine vergrößerten Endodermiszellen.

Ältere Beschreibungen von Mykorrhizen der Gattung Cortinarius subgen. Telamonia, die allerdings sehr kurz und wenig aussagekräftig sind, wurden bereits bei AGERER (l.c.) zusammengefaßt. Er stellte fest, daß die Mykorrhizen von Cortinarius armillatus (PACHLEWSKI & PACHLEWSKA 1974) und Cortinarius bovinus; (OGAWA 1981) ebenfalls einen plectenchymatischen, relativ dünnen Mantel und Rhizomorphen aus gebündelten abziehenden Hyphen besitzen.

AGERER (l.c.) beschrieb eine weitere Mykorrhiza der Gattung Cortinarius: Cortinarius venetus subgen. Leprocybe. Er stellte einen ausführlichen Vergleich der Mykorrhiza von Cortinarius obtus und Cortinarius venetus an. Unterschiede im morphologischen und anatomischen Bereich wurden aufgeführt. Besonders auffällig war die Autofluoreszenz der Mykorrhiza von Cortinarius venetus, die auch Fruchtkörper der Untergattung Leprocybe auszeichnet.

1.5. Paxillus involutus (Batsch) Fr.

MELIN (1948) berichtete von Paxillus involutus als Ektomykorrhiza-Bildner und in neuerer Zeit wurden sehr viele Syntheseversuche erfolgreich durchgeführt: an Kiefer (PACHLEWSKI & PACHLEWSKA 1974), verschiedenen Erlen-Arten (MOLINA 1978, 1980), an Birke (GILTRAP 1983; GRELLIER et.al.1984) und an zwei Pappel-Arten (HESLIN & DOUGLAS 1986). GARBAYE & WILHELM (1984) untersuchten Paxillus involutus - Mykorrhizen in Eichenwäldern und INGLEBY et. al. (1985) an Birken.

LAIHO (1970) stellte umfangreiche Untersuchungen über die Ökologie und Physiologie der Paxillus involutus Mykorrhiza an und gab auch eine kurze Beschreibung derselben.

Die Habitusbeschreibungen der Autoren (soweit vorhanden) stimmen recht gut überein, abziehende Hyphen wurden immer beobachtet, Rhizomorphen und Sklerotien wurden von allen Autoren bis auf GILTRAP (l.c.) und GRELLIER et. al.(l.c.) beschrieben. Die Mykorrhizen sind unregelmäßig monopodial (nur an Kiefer dichotom) verzweigt, mit etwas geschlängelten Seitenästen. Sehr einheitlich ist die Beschreibung der

Farbe: silbrig oder gelblich weiß bei jungen Exemplaren und gelblich (golden) bis bräunlich bei älteren Mykorrhizen. Die Mantelstruktur wird als locker oder dichter plectenchymatisch angegeben, der Manteldurchmesser schwankt zwischen 2 und 70 μm . Die niedrigsten Werte kamen bei der Synthese mit Erle vor. Dies lag vermutlich an der schwachen Infektiosität dieses Pilzes gegenüber der Erle (MOLINA 1980).

Die Entwicklung des Hartigschen Netzes der synthetisierten Mykorrhizen war im allgemeinen sehr schwach (von den Freilandmykorrhizen wurden keine Angaben gemacht). Bis auf eine Ausnahme (an Pappel, HESLIN & DOUGLAS) drangen die Hyphen maximal zwischen die erste Rindenzellschicht ein. Blasige Einstülpungen des Hartigschen Netzes oder intrazelluläre Infektionen wurden nicht beschrieben. MOLINA (1980) beobachtete eine starke Phenolanreicherung an den Wänden der äußeren Rindenzellen die in direktem Kontakt mit dem Hartigschen Netz standen, er führt dies auf eine hypersensible Reaktion des Baumes (Erle) zurück, da auch viele der Rindenzellen kollabiert waren.

1.6. Ektomykorrhizen der Gattung Boletus Dill.: Fr.

MELIN (1923) führte Kulturversuche mit mehreren Boletus-Arten durch. Die Luftmycelien von Boletus edulis, die er beschrieb, zeigten eine charakteristische Farbtönung, die auch bei der Mykorrhiza auftritt, nämlich weißlich bis rosa. Eine für einige Boletaceen-Mykorrhizen typische "paarige" Verzweigung der Hyphen wird ebenfalls beschrieben. Auch CERUTI et al. (1984) stellten dies für Hyphen der Mykorrhiza von Boletus aereus fest. Die Mykorrhiza von Boletus communis wurde nur in einem Querschnitt dargestellt, der keine Details zeigt (BRYAN & ZAK 1961). CHU-CHOU und GRACE (1940) berichten von einer cremefarbenen bis bräunlichen Boletus sp.-Mykorrhiza an Pseudotsuga menziesii, die einen dicht plectenchymatischen, 24 - 29 μm dicken Mantel und Rhizomorphen mit einem Durchmesser von 22 - 97 μm aus parallel verlaufenden Hyphen besitzt.

GIOVANETTI & FONTANA (1985) beschrieben die, via Rhizomorphenv Verbindung zum Fruchtkörper identifizierte, Ektomykorrhiza von Boletus pinicola an "Laubbäumen".

Sie fanden eine kalkig-weiße Mykorrhiza mit differenziierten Rhizomorphen, die elektronenmikroskopisch untersucht wurden. Diese Rhizomorphen besaßen weitlumige Zentralhyphen (-25 μm) ohne Cytoplasma, mit verdickten Zellwänden und "gefurchten" Innenwänden; die Zentralhyphen waren von "normalen" Hyphen mit einem Durchmesser von ca. 3,5 μm umgeben und die äußerste Lage bildeten warzige Hyphen (d = ca. 4 μm) und solche, "die wie Cystiden aussahen".

CERUTI SCURTI (1980/81) belegte die synthetisierte Mykorr-

hiza von Boletus edulis mit Quercus pubescens nur mit einem Querschnitt und KRANGAUZ (1967) beschrieb seine synthetisierten Boletus sp.-Mykorrhizen unzureichend. Eine ausführlichere Darstellung über eine Freiland Mykorrhiza von Boletus edulis geben LUPPI & GAUTERO (1967); die Manteldicke wird mit 42 - 53 μ m angegeben, wobei die äußeren Mantelschichten pseudoparenchymatisch waren und die inneren kleinere Zellen aufwiesen; die abziehenden Hyphen hatten einen Durchmesser von 3,5 μ m und warzige Auflagerungen, auch die vom Fruchtkörper abziehenden Rhizomorphen trugen warzige Auflagerungen. Die angegebenen Merkmale sind mit der in vorliegender Arbeit beschriebenen Ektomykorrhiza von Boletus edulis nicht vereinbar.

1.7. Xerocomus badius (Fr.) Kühn.: Gilb

Auch mit Xerocomus badius (damals Boletus badius) stellte MELIN (1923) Kulturversuche an. Auffallend ist wieder die weißliche Färbung der Hyphen des Luftmycels in Agarkultur, die sich nach schwach gelblich und bräunlich verändern kann. Diesselben Farben treten bei der Mykorrhiza von Xerocomus badius auf. GILTRAP (1979) beschrieb zwar diese typische Färbung der synthetisierten Mykorrhiza von Xerocomus badius, konnte offensichtlich aber keine Rhizomorphen, sondern nur abziehende Hyphen feststellen. Wahrscheinlich handelt es sich hier nicht um die Mykorrhiza von Xerocomus badius, da bei dieser stets kompakte Rhizomorphen und nie einzeln abziehende Hyphen anzutreffen waren.

1.8. Piceirhiza glutinosa

'Form 7' der von HAUG (1987) beschriebenen Ektomykorrhizen hat, soweit dargestellt, dieselben morphologischen und anatomischen Merkmale wie Piceirhiza glutinosa. Der Manteldurchmesser wird mit ca. 20 μ m angegeben und ist damit etwas geringer als in vorliegender Arbeit (25 - 35 μ m). HAUG (l.c.) fand bei elektronenmikroskopischen Untersuchungen Septen mit einfachen Poren und Woronin-Körperchen. Dies spricht für einen Ascomyceten als Pilzpartner.

1.9. Ektomykorrhizen der Gattung Dermocybe (Fr.) Wünsche

Mykorrhizen der Gattung Dermocybe wurden bereits von mehreren Autoren untersucht (zusammengefaßt und diskutiert von AGERER 1987). Auffälligste Merkmale der Mykorrhizen dieser Gattung sind demnach die meist sehr intensive Farbe, die auch die Farbe der Fruchtkörperbasis widerspie-

gelt, sowie die fächrig abziehenden Hyphen, die sich stellenweise zu Rhizomorphen bündeln. Alle abziehenden Hyphen tragen Schnallen. AGERER (1987), AGERER & GRONBACH (1987) und UHL & AGERER (1987) konnten das regelmäßige Auftreten von Kontakt-Schnallen an allen von ihnen untersuchten Mykorrhiza-Arten dieser Gattung feststellen.

Dermocybe cinnamomea (L.) Wünsche

Die Mykorrhiza von *Dermocybe cinnamomea* wurde ausführlich von AGERER (1987) beschrieben.

Der Durchmesser der Hyphen der Manteloberfläche wurde mit 3 - 4(5) μm angegeben (hier (4) 5 - 6 (8) μm); dies hing möglicherweise mit dem größeren Manteldurchmesser (hier 15 - 40 μm , bei AGERER (l.c.) 15 - 25 μm) zusammen, die Hyphen könnten dadurch mehr 'aufgebläht' sein. Die Maße der abziehenden Hyphen bzw. der Rhizomorphenhyphen lagen mit dem Maximalwert einen halben μm über denen von Agerer. Der Aufsammlungsort der Mykorrhizen von AGERER (l.c.) war ein Fichtenwald bei Dachau.

Die Abmessungen der Tannin- und Rindenzellen waren geringfügig abweichend, die Anzahl der Reihen jedoch gleich. Die Eindringtiefe des Hartigschen Netzes betrug 3 - 4 Zellreihen (hier nur 1 - 2). Die Maße der Hyphen des Hartigschen Netzes um die Tanninzellen lagen bei (2) 2,5 - 4 μm (hier 2 - 10 μm) und um die Rindenzellen (1,5) 2 - 3 μm (hier (1,5) 2 - 4 (5) μm). Blasige Einstülpungen des Hartigschen Netzes, sowie kugelige Tannineinlagerungen in der innersten Rindenzellschicht wurden von Agerer nicht beschrieben. Die Bedeutung dieser Merkmale wird unter Punkt IV. 3.2. diskutiert.

1.10. Ektomykorrhizen der Gattung *Lactarius* (DC: Fr.) S.F.Gray

Mykorrhizen der Gattung *Lactarius* wurden schon von mehreren Autoren beschrieben (zusammengefaßt und ausführlich diskutiert bei AGERER 1986 und BRAND & AGERER 1986).

Gemeinsame Merkmale von *Lactarius*-Mykorrhizen sind nach PEYRONEL (1934) der glatte Mantel und das Vorhandensein von *Lactiferen*. VOIRY (1981) berichtet von einer pyramidalen Verzweigungsform, der orangen bis braunen Farbe, einem zweischichtigen Mantel und ebenfalls von Milchröhren. Diese generellen Merkmale können für die bisher beschriebenen *Lactarius*-Mykorrhizen weitgehend bestätigt werden. Die Farbskala beinhaltet allerdings verschiedenste Brauntöne und auch Grün (*L. deterrimus*). Die Zweischichtigkeit des Mantels trifft nur für die Mykorrhizen von einigen *Lactarius*-Arten zu, z.B. für alle bisher beschriebenen Arten der Sektion *L. sect. Russulares*.

Genauere Untersuchungen der Mantelstrukturen finden sich nur bei AGERER (1986, L.deterrimus und L.picinus an Picea abies), bei ALEXANDER (1981, L.rufus an Picea sitchensis) und bei BRAND und AGERER (1986, L.subdulcis und L.vellereus an Fagus sylvatica). Die Mykorrhizen von Lactarius deterrimus (L. sect. Dapetes) und von Lactarius picinus (L. sect. Plinthogali) besitzen einen rein plectenchymatischen Mantel, die von Lactarius subdulcis (L. sect. Russulares, subsect. subdulcini), Lactarius rufus (L. sect. Russulares, subsect. Rufini), Lactarius vellereus (L. sect. Albatii) sowie von Lactarius decipiens und Lactarius theiogalus (L. sect. Russulares) sind durch äußere pseudoparenchymatische und innen plectenchymatische Zellschichten des Mantels charakterisiert.

Die Manteloberfläche von der L.vellereus-Mykorrhiza besteht aus epidermoiden Zellen, die der L. theiogalus-Mykorrhiza aus polygonalen Zellen. Die Mykorrhizen von L. subdulcis und L.theiogalus, beide auf den ersten Blick mit angulären Manteloberflächenzellen, unterscheiden sich durch das bei L.subdulcis aufgelagerte einschichtige lockere Hyphennetz.

Rhizomorphen an Freiland-Mykorrhizen wurden nur von AGERER (1986) und von BRAND und AGERER (1986) sowie in den vorliegenden Untersuchungen beschrieben. Diese waren immer aus eng aneinanderliegenden, zopfig verflochtenen Hyphen aufgebaut. Der Durchmesser dieser Hyphen bewegte sich zwischen 2 und 4 µm. Bei der Mykorrhiza von Lactarius subdulcis wurde eine Differenzierung in äußere, dickwandige und innere, dünnwandige Hyphen beschrieben. Weiters wurden bei letzterer Lactiferen im inneren der Rhizomorphen nachgewiesen. Großlumige Zentralhyphen wurden von der Lactarius picinus-Mykorrhiza (AGERER l.c.) beschrieben

1.11. Piceirhiza rufosimilis

Piceirhiza rufosimilis wird möglicherweise von Lactarius rufus (Scop.)Fr., gebildet. Dafür spricht die Beschreibung von ALEXANDER (1981) und PACHLEWSKI & PACHLEWSKA (1974), sowie die Tatsache, daß diese Mykorrhiza unter dem Fruchtkörper von Lactarius rufus gefunden wurde.

ALEXANDER (l.c.) gelang die Synthese mit Picea sitchensis, und er beschrieb auch im Freiland gefundene Mykorrhizen dieser Art, Rhizomorphen wurden nur an den synthetisierten Mykorrhizen gefunden. Die Manteloberfläche seiner Mykorrhizen besteht aus epidermoiden Zellen, in den darunterliegenden Schichten sind die Zellen etwas größer und eher isodiametrisch; die innerste Schicht ist dicht plectenchymatisch.

PACHLEWSKI & PACHLEWSKA (l.c.) berichten von einer glat-

ten, bräunlichen, im Alter dunkelbraunen Mykorrhiza mit einer pseudoparenchymatischen Manteloberfläche aus unregelmäßig ausgebuchteten Zellen. Die Manteldicke bezeichnen sie als relativ konstant mit 25 - 50 μm (in vorliegender Untersuchung 30 - 50 μm).

An Piceirhiza rufosimilis wurden zwar noch mehr Details der Mantelstruktur gefunden, aber ALEXANDERS (l.c) und PACHLEWSKI & PACHLEWSKAS (l.c.) Beschreibungen schließen diese nicht aus.

1.12. Ektomykorrhizen der Gattung Russula Pers.

Von den Mykorrhizen der Gattung Russula der Sektion Rigidae sind bisher nur Russula vesca (LUPPI & GAUTERO 1967), Russula grisea (CERUTI & BUSETTI 1962) und Russula xerampelina (AGERER 1986) beschrieben worden (zusammengefaßt und diskutiert bei AGERER 1986). Auffällige Farbunterschiede dieser drei Arten, sowie dichte, abziehende Hyphen und birnenförmige Cystiden bei Russula grisea wurden erläutert. AGERER (l.c.) beschrieb erstmals eine Mykorrhiza aus der Sektion Ingratae nämlich Russula ochroleuca. Morphologische Unterschiede und solche nach Behandlung mit verschiedenen Reagentien der Mykorrhizen von R.xerampelina und R.ochroleuca werden ausführlich dargestellt. Von den morphologischen Merkmalen sei hier die Mantelstruktur erwähnt: die Manteloberfläche von R.ochroleuca zeigt ein Pseudoparenchym mit angulären Zellen, die von R.xerampelina ein dichtes Netzwerk von anastomosierenden Hyphen, sowie typische Cystiden, die für die Gattung Russula bekannt sind (ROMAGNESI 1967). Von beiden Mykorrhiza-Arten werden Rhizomorphen mit großlumigen Zentralhyphen beschrieben; in der vorliegenden Untersuchung wurde nur einmal eine dünne Rhizomorphe aus wenigen einfachen Hyphen gefunden.

Russula ochroleuca (Pers.) Fr.

Im Vergleich mit der von AGERER (1986) und der hier behandelten Mykorrhiza von Russula ochroleuca ergeben sich einige ergänzende Merkmale, die auf die Variabilität der Mykorrhiza zurückzuführen sind (s.IV. 3.1.), die Mykorrhizen stammen beidesmal aus dem Fichtenbestand des Höglwaldes. Nicht immer war die Mykorrhiza gelblich bis gelblich-oliv, mit gelben pudrigen Auflagerungen aus amorphen Kristallen; olive, olivbraune oder ockerfarbene Exemplare, die meist überhaupt keine Auflagerungen haben, sind sehr häufig. Bei einigen Exemplaren waren die gelben Auflagerungen rot verfärbt. Die typisch monopodial-pyramidale Verzweigung war nicht immer anzutreffen, manche der Mykorrhizen waren unregelmäßig verzweigt mit z.T. lang ausgezo-

genen Seitenästen.

Mikroskopische Merkmale (Variabilität s. Punkt IV.3.2.): Mantelaufsicht: Durchschnittlich 17 Zellen in $20 \times 20 \mu\text{m}$ fand AGERER (l.c.) an der Mykorrhizenspitze (hier (15) 18 - 23 (25)). Die Größe der angulären Manteloberflächenzellen war insgesamt variabler. Ansonsten wurden keine nennenswerten Unterschiede der Mantelstrukturen festgestellt. Den Durchmesser der abziehenden gab AGERER (l.c.) mit (1,5) 2 - 3 μm an (hier (1,5) 2 - 3 (4) μm). Die Manteldicke wurde mit 30 - 45 (50) μm angegeben (hier: (25)30 - 45(50) μm).

Die Abmessungen der Tannin- und Rindenzellen waren bei der hier beschriebenen Mykorrhize von Russula ochroleuca generell größer, die Anzahl der Reihen von Tannin- und Rindenzellen war jedoch gleich. Die Dicke des Hartigschen Netzes um die Rindenzellen wird von AGERER (l.c.) mit 2,5 - 3,5 (4) μm (hier. 2 - 3 (5) μm) angegeben, die Eindringtiefe waren 4 - 5 Zellschichten (hier 1 - 3(4), selten 5).

1.13. Ektomykorrhizen der Gattung Hygrophorus Fr.

Die Mykorrhiza von Hygrophorus pustulatus wurde bisher nirgends beschrieben; über Mykorrhizen dieser Gattung ist bisher nur wenig bekannt. NOAK (1889) beschrieb die Mykorrhiza von Hygrophorus russula (damals Agaricus russula) an Buche mit folgenden Worten. " Von dem grossblasigen Gewebe der Strunkbasis gehen hyaline Mycelfäden zu den Würzelchen und umgeben sie mit einer pseudoparenchymatischen Hülle von schön rosenrother Farbe (bekanntlich sind Hut und Stiel des Pilzes ebenfalls schön rosenroth gefärbt)".

PACHLEWSKI & PACHLEWSKA (1974) beschrieben die synthetisierte Mykorrhiza von Hygrophorus hypothejus an Kiefer. Die Mykorrhizen waren einfach verzweigt (normalerweise sind die Mykorrhizen der Kiefer dichotom verzweigt) im jungen Zustand creme-weiß, ältere Mykorrhizen creme-bräunlich. Der Mantel war bei Mykorrhizen außerhalb des Agar-Substrates nur stellenweise ausgebildet, innerhalb des Substrates vollständig und glatt oder etwas uneben. Die mikroskopische Struktur zeigte einen plectenchymatischen, kompakten oder lockeren, farblosen Mantel mit einem Durchmesser von 10 - 30 μm . Das Hartigsche Netz war gut entwickelt und reichte bis zur Endodermis.

Ob die von Hygrophorus-Arten gebildeten Mykorrhizen gemeinsame Merkmale aufweisen, muß noch untersucht werden. Die Hygrophorus pustulatus-Mykorrhiza hatte eine glatte Manteloberfläche mit epidermoiden Zellen, der Mantel war 20 - 60 μm dick.

2. Auswirkungen der verschiedenen Behandlungsweisen der Versuchsflächen auf Morphologie, Anatomie und Verteilung der beschriebenen Ektomykorrhiza-Arten

Untersucht wurden die unbehandelte Fläche und die mit regenkonditionierter Beregnung, saurer Beregnung bzw. saurer Beregnung + Kalkung behandelten Flächen.

Morphologische und anatomische Erscheinungsformen die möglicherweise auf krankhafte Veränderungen hindeuten, wurden bei vielen der beschriebenen Ektomykorrhiza-Arten beobachtet (s. unter Punkt 3.1. "Morphologie" und Punkt 3.2. "Anatomie"). Ein Zusammenhang mit den verschiedenen Behandlungsweisen der Flächen konnte allerdings nicht hergestellt werden da

- a) die Untersuchungen einzelner Arten in den Versuchsflächen aus technischen Gründen bisher nicht quantitativ vorgenommen werden konnten;
- b) in allen Flächen morphologische und anatomische Erscheinungsformen auftraten, die als "krankhaft" verändert angesehen werden können;
- c) zu wenig über die ontogenetische Entwicklung von Ektomykorrhizen bekannt ist, um derartige Veränderungen eindeutig interpretieren zu können;
- d) sich die saure Beregnung 1986 (letztes Untersuchungsjahr der vorliegenden Studie) wahrscheinlich noch gar nicht auf die Mykorrhizen auswirkte; bodenchemische Untersuchungen von 1986 zeigten noch keinen Versauerungseffekt im Auflagehorizont. Aluminium und andere Schwermetallionen waren 1986 in allen Versuchsflächen im Auflage- und Ah-Horizont weitgehend organisch komplexiert (KREUTZER & SCHIERL 1987).

Ein positiver Bewässerungseffekt auf Ektomykorrhizen konnte allerdings wahrscheinlich gemacht werden, da in der zusätzlich regenkonditioniert beregneten Fläche die höchste Artenvielfalt im Vergleich zu der unbehandelten Fläche gefunden wurde.

3. Besprechung der für die Beschreibungen verwendeten Merkmale hinsichtlich Aussagekraft und Variabilität

Untypische, nach bisherigem Wissensstand als krankhaft angesehene Erscheinungsformen der jeweiligen morphologischen und anatomischen Merkmale werden diskutiert.

3.1. Morphologie, Habitus

Die meisten Mykorrhiza-Arten können bereits im Binokular anhand ihres charakteristischen Habitus angesprochen werden. Eine Kombination von Verzweigungsart, Form der Hauptachse und der Seitenenden, Größenverhältnissen, Mantelfarbe und Oberfläche, sowie das Vorhandensein und die Form der abziehenden Hyphen und Rhizomorphen ermöglichen eine Unterscheidung der Arten. Schon FRANK (1887) unterschied Ektomykorrhizen aufgrund solcher Merkmalskombinationen. Auch GIBELLI (1883) beschrieb zwei Ektomykorrhiza-Arten, die von ihm damals allerdings als wurzelparasitäre Pilze angesehen wurden.

3.1.1. Verzweigung

Bis auf Cenococcum geophilum und Piceirhiza gelatinosa besaßen alle besprochenen Ektomykorrhiza-Arten die für Fichtenmykorrhizen typische monopodiale Verzweigung, z.T. mit spezifischer Ausprägung, die sich als konstant erwies. Die Mykorrhiza von Boletus edulis ist z.B. sehr stark verzweigt und die Seitenäste sind sehr dicht nebeneinander, so daß die Hauptachse kaum sichtbar ist; Hauptachse und Seitenäste sind leicht gebogen und keulig angeschwollen; Piceirhiza conspicua hingegen ist wenig verzweigt, die Seitenäste stehen fast gerade von der deutlich sichtbaren Hauptachse ab und sind unverdickt. MEYER (1984) sah das Fehlen einer keuligen Verdickung als ein Zeichen der Schädigung der Ektomykorrhizen an; er unterschied bei seinen Untersuchungen aber nicht nach Ektomykorrhiza-Arten. Die Mykorrhiza von Dermocybe cinnamomea ist unregelmäßig monopodial verzweigt, mit oft nach einer Seite gebogenen, geschlängelten Seitenästen.

Cenococcum geophilum ist in der Regel einzeln und unverzweigt, es wurden jedoch einzelne unregelmäßige kurze Verzweigungssysteme gefunden; alle Erscheinungsformen in Fläche C1. Stets unverzweigt ist Piceirhiza gelatinosa.

Untypische Wuchsformen

Die Mykorrhizen von Russula ochroleuca, ausgezeichnet durch ein kompaktes monopodial-pyramidales Verzweigungssystem mit leicht keuligen, stumpf abgerundeten Seitenenden sind häufig untypisch ausgeprägt. Sie sind dann unregelmäßig-monopodial verzweigt mit etwas dünneren, spitzeren Seitenenden, die z.T. lang ausgezogen sein können; v. ALTEN & MEYER (1984) führten solche Erscheinungsformen auf eine Schädigung der Mykorrhiza zurück. Manchmal traten auch verdickte Hauptachsen mit wenigen, unregelmäßigen, manchmal büschelförmig abzweigenden Seitenästen auf; GEHRMANN & ULRICH (1983) führten Stauchungen und Schwel-

lungen der Seitenwurzeln auf Al-toxizität zurück. GÖBL (1986) fand solche Wachstumsanomalien in Gefäßversuchen an Mykorrhizen in nährstoffarmen Böden (Rohhumus und Podsol) nach Säurebehandlung.

Perlschnurartiges Wachstum

Länger auswachsende Seitenäste mit perlschnurartigem Wachstum wurden in allen Flächen an mehreren Mykorrhiza-Arten gefunden. PACHLEWSKI & PACHLEWSKA (1965) und MEYER (1984) beobachteten ein derartiges Wachstum an Fichtenmykorrhizen und führen dies auf periodische Wachstumsschübe zurück. BESLOW et al. (1970) konnten an unmykorrhizierten Wurzeln von Ahorn (*Acer rubrum* L.) künstlich, durch bestimmte Phosphorgehalte im Medium, ein derartiges Wachstum erzeugen. JAMES et al. (1978) fanden "Perlschnüre" bei hohem Aluminium-Gehalt im Boden und vermuteten eine Störung der Auxinproduktion. GÖBL (1986) stellte ein vermehrtes Auftreten in Podsol fest. Auffallend war bei Göbls Untersuchungen, daß nach Säurebehandlung der Fichtensämlinge in keiner der von ihr untersuchten Böden Mykorrhizen mit perlschnurartigem Wachstum auftraten.

3.1.2. Größe der Ektomykorrhizen

Bis auf Russula ochroleuca sind die Durchmesser der einzelnen Mykorrhiza-Arten relativ konstant. Bei monopodial verzweigten Systemen wurden Hauptachse und Seitenäste abgemessen. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Arten besteht nur in wenigen Fällen; Hauptachse und Seitenäste der Mykorrhizen von Boletus edulis sind z.B. wesentlich dicker (0,6 - 0,8 mm und 0,4 - 0,6 mm) als die von Paxillus involutus (0,4 - 0,5 mm und 0,3 - 0,4 mm).

GÖBL (1986) stellte eine generelle Zunahme des Durchmessers von Fichtenmykorrhizen nach Säureapplikation fest; sie unterschied allerdings nicht nach Arten oder Haupt- und Seitenästen. In dieser Arbeit wurden diesbezüglich keine Untersuchungen angestellt. Für eine statistische Absicherung bräuchte man sehr viele Mykorrhizen der gleichen Art aus den verschiedenen Flächen.

Die Länge der Verzweigungssysteme und die Länge der Seitenäste kann nicht als Bestimmungskriterium angesehen werden, da nicht immer vollständige Systeme gefunden werden.

3.1.3. Farbe

Die Farbe der Mykorrhizen war nach Meinung von FRANK (1887) ein sehr variables Merkmal. Auch BOULLARD (1965)

und TRAPPE (1967) vertraten noch diese Annahme. ZAK (1969) und DOMINIK (1969) benutzten jedoch die Färbung zur Klassifikation von Mykorrhizen als Schlüsselmerkmal. ZAK (l.c.) sah eine starke Farbvariabilität (1973) eher als Ausnahme an und beschrieb jeweils die gleichen altersbedingten Farbveränderungen bei den verschiedenen Mykorrhizotypen. Bei den Höglwald-Mykorrhizen konnten zwei Gruppen unterschieden werden:

a) bei Mykorrhiza-Arten, deren Mantel- und Hyphenfarbe durch membranäre Pigmente hervorgerufen wird oder bei durch Lufteinschlüsse weiß aussehenden Mykorrhiza-Arten ist die Farbe kaum variabel. Der Farbton von Arten mit membranären Pigmenten wird im allgemeinen bei Alterung dunkler (z.B. Piceirhiza nigra). Schon GIBELLI (1883) beschrieb eine Schwärzung, bei der Alterung von bräunlich gefärbten Mykorrhizen. Weiße Mäntel verlieren beim Altern z.T. die Lufteinschlüsse und verfärben sich stellenweise (Paxillus involutus) oder die braune Farbe der Wurzel scheint teilweise durch (z.B. Xerocomus badius).

b) Mykorrhiza-Arten, deren Mantelfarbe auf einer unterschiedlichen Lichtbrechung und mehr oder weniger starkem Durchschimmern des Wurzelgewebes beruht, sind bezüglich dieses Merkmales variabler. So z.B. kann die intakte, turgeszente Mykorrhiza von Hygrophorus pustulatus fleischfarben oder ocker, z.T. auch silbrig glänzend aussehen. Die Farben dieser Mykorrhizen bewegen sich zwar in einem engen Spektrum, manchmal führt diese relativ geringe Variabilität trotzdem dazu anzunehmen, man hätte eine andere Mykorrhiza-Art vor sich.

Die stärkste Farbvariabilität des Mantels wurde bei Russula ochroleuca vorgefunden; gelblich gefärbte, sofort ansprechbare Exemplare mit gelblichen kristalloiden Auflagerungen sind nicht viel häufiger anzutreffen, als ebenfalls vollkommen intakte Mykorrhizen mit olivem, olivbraunem oder ockergelbem, glattem Mantel. Ein weiteres Phänomen ist die manchmal anzutreffende rote Färbung der kristalloiden Auflagerungen. BRAND (pers. Mitt.) stellte fest, daß sich die normalerweise gelblichen kristalloiden Auflagerungen bei Zugabe von KOH auf das Frischmaterial rot färben. Diese Reaktion ist reversibel; durch darauffolgende Milchsäurezugabe nehmen sie wieder die gelbe Farbe an. Erstaunlich ist also das mehrmalige Auftreten dieser rot gesprenkelten Mykorrhizen von Russula ochroleuca in den sauer beregneten Flächen B1 und B2. In Fläche A1 wurde nur ein solches Exemplar, in Fläche C1 gar keines gefunden.

Die Farbe stellt also nur für einen Teil der Mykorrhiza-Arten ein konstantes Merkmal dar, vorausgesetzt man ar-

beitet mit turgeszentem, intaktem Frischmaterial und betrachtet die Mykorrhizen unter konstanten Beleuchtungsbedingungen. Da die Umschreibung von Farben, insbesondere von Farbtönen und Mischfarben meist Mißverständnisse auslöst, ist eine fotografische Dokumentation notwendig.

3.1.4. Manteloberflächenstruktur

Die Ausprägung der Manteloberflächenstruktur (z.B. glatt und glänzend bei den Lactarius-Mykorrhizen und körnig-warzig bei Piceirhiza nigra ist mit Ausnahme der Mykorrhiza von Russula ochroleuca als rel. konstant anzusehen, solange man mit turgeszentem, intaktem Frischmaterial arbeitet. Ältere Mykorrhizen haben oft eine matte und verschrumpelte Manteloberfläche. Bei Piceirhiza nigra z.B. fehlen dann oft die runden Zellanhäufungen oder sind nicht mehr deutlich erkennbar, da die Zellen kollabieren. Die Mykorrhiza von Russula ochroleuca tritt im intakten Zustand allerdings in zwei Erscheinungsformen auf: mit körnig-warziger und mit glatter Manteloberfläche.

3.1.5. Abziehende Hyphen und Rhizomorphen

Auftreten, Häufigkeit und Form der abziehenden Hyphen und/oder Rhizomorphen bieten gute Bestimmungsmerkmale für einige Mykorrhiza-Arten, z.T. lassen sich damit aber nur Gruppen abgrenzen. Die intraspezifische Variabilität ist gering. GODBOUT & FORTIN (1985) stellten eine morphologisch-strukturelle Reihe auf, in der das Vorhandensein und die Ausprägung der abziehenden Hyphen Gattungsmerkmale darstellen.

So hat z.B. Cenococcum geophilum stets einzelne, starr abstehende Hyphen und keine Rhizomorphen; die Mykorrhiza von Dermocybe cinnamomea dagegen verfügt über zahlreiche, dichte, strähnig abziehende Hyphen, die streckenweise zu Rhizomorphen gebündelt sind. Mykorrhizen, die von Pilzen der gleichen Gattung gebildet werden (z.B. Lactarius-Mykorrhizen) zeigen oft dieselben Charakteristika: wenige abziehende Hyphen und wenige, drehrunde Rhizomorphen (s. BRAND & AGERER 1986). Auch Mykorrhizen von verwandten Pilzarten z.B. Xerocomus badius und Boletus edulis zeigten das gleiche Habitusbild: keine abziehenden Hyphen und drehrunde, klar begrenzte und häufig verzweigte Rhizomorphen. Bei einigen Mykorrhiza-Arten gehen die Rhizomorphen allerdings beim Auswaschen der Proben leicht verloren (z.B. Lactarius-Arten). Aus diesem Grund stellten wohl GODBOUT & FORTIN (l.c.) die Mykorrhizen der Gattung Lactarius als rhizomorphenlos dar. Man sollte daher die an den Mykorrhizen anhaftenden Bodenpartikel sehr vorsichtig entfernen.

3.2. Anatomie

3.2.1. Mantel

Ausgezeichnete Merkmale, die in der Regel ausreichend für eine Bestimmung der verschiedenen Ektomykorrhiza-Arten sind, bietet die Mantelstruktur. GIBELLI (1883) unterschied zwischen einer filzig-hyphigen und einer pseudoparenchymatischen Manteloberfläche mit angulären Zellen. FRANK (1887) beschrieb zusätzliche Unterscheidungsmöglichkeiten, aber erst CHILVERS (1968) benutzte Mantelstrukturen, um Eukalyptusmykorrhizen zu charakterisieren. In den zahlreichen Untersuchungen der letzten Jahre über Ektomykorrhizen wurde dieser Aspekt leider völlig vernachlässigt. ZAK (1973) und GODBOUT & FORTIN (1985) wiesen auf die Notwendigkeit einer Klassifizierung mittels anatomischer Merkmale hin. AGERER (1986) begann mit einer Serie zur genauen Charakterisierung von Ektomykorrhizen. Er unterschied Manteloberflächenstruktur, tieferliegende Mantelschichten und Mantelinnenansicht.

Pseudoparenchymatische Mantelstruktur

Pseudoparenchymatische Mäntel können aus angulären, runden, länglichen, mehr oder weniger ausgebuchteten oder epidermoiden Zellen aufgebaut sein; eine Zellform ist vorherrschend. Die intraspezifische Variabilität der Zellgrößen ist relativ groß (z.B. Mykorrhiza von Russula ochroleuca), daher muß an mehreren Präparaten gemessen werden, um den Schwankungsbereich zu erfassen. Dabei ist zu beachten von welcher Stelle der Mykorrhiza das Mantelpräparat genommen wurde; entlang der Hauptachse sind die Zellen meist in Längsrichtung (infolge des hier offensichtlich stärkeren Wachstums) vergrößert. Am einheitlichsten sind die Zellgrößen an den geraden Flächen der Seitenäste. Zellwanddicke, -farbe, das Vorhandensein und die Ausprägung von Wandvorsprüngen stellen weitere Charakteristika dar. Bei manchen Pseudoparenchymenten ist es möglich, stellenweise noch den ehemaligen Hyphencharakter und -verlauf der Zellen zu erkennen (z.B. Piceirhiza chordata und Piceirhiza rufosimilis), da die ehemaligen Hyphenwände verdickt sind, die Septen aber nicht.

In seltenen Fällen (z.B. bei der Mykorrhiza von Hygrophorus pustulatus) ist eine plectenchymatische Manteloberflächenstruktur durch dicht aufliegende, abziehende Hyphen vorgetäuscht; man sollte also immer mehrere Mantelpräparate anfertigen, um Irrtümer zu vermeiden.

Plectenchymatische Mantelstruktur

Neben einer bestimmten Anordnung, die sich zwar oft schwer umschreiben, aber gut zeichnen und photographieren läßt, haben die Hyphen immer besondere Eigenheiten. Einbezogen wird hier die Form, Länge, der Durchmesser und die Septenausprägung der Hyphenzellen; weiters die Zellfarbe, die Wandstärke und -struktur. Diese Eigenschaften erwiesen sich für die verschiedenen Ektomykorrhiza-Arten als relativ konstant. Die Hyphen der Mykorrhiza von Xerocomus badius sind z.B. gerade und kreuz und quer verlaufend, die von Boletus edulis geschlängelt und in regelmäßigen Abständen eine Art Ringelmuster bildend, die von Piceirhiza guttata sind stellenweise ausgebuchtet (mit knochig verbreiterten Enden) und bilden ein lockeres Netz mit großen Zwischenräumen. Ein Spezialfall sind die Mantelhyphen von Piceirhiza conspicua, die in zwei völlig verschiedenen Ausprägungen nebeneinander vorkommen. Die Hyphen mancher Mykorrhiza-Arten sind in bestimmten Mantelschichten in eine gelatinöse Matrix eingebettet; manchmal ist dann nur noch das Hyphenlumen (Piceirhiza gelatinosa, GRONBACH & AGERER 1986) sichtbar.

Mykorrhizenspitze

Erwähnenswert ist auch die Bildungszone des Hyphenmantels an der Mykorrhizenspitze. Schon FRANK (1885) konnte bei Mykorrhizen mit pseudoparenchymatischen äußeren Mantelschichten feststellen, daß hier wesentlich kleinere Zellen, ohne irgendwelchen Hyphencharakter, anzutreffen sind. AGERER (1986) bezieht in seine Beschreibungen die Manteloberflächenstruktur der Mykorrhizenspitze mit ein. Besonders bei Mykorrhizen mit pseudoparenchymatischer Oberfläche erscheint dies sinnvoll, da sich ein zusätzliches Merkmal ergibt. Bei plectenchymatischen Mänteln ist die Struktur der Mykorrhizenspitze kaum abweichend, manchmal ergibt sich aber durch die hier stärkere Verflechtung der Hyphen ein anderes Bild, so z.B. sieht die Oberfläche der Mykorrhizenspitze der Mykorrhiza von Dermocybe cinnamomea wie ein Pseudoparenchym mit länglich-angulären Zellen aus.

Mantelschichtung

Die Abfolge der Mantelschichten und ihre Ausprägung ist konstant. Dies läßt sich nur anhand von Mantelaufsichten präzise beschreiben. Die Anzahl dieser Schichten (s. Quer- und Längsschnitte) variiert bei einigen Mykorrhiza-Arten stark.

Es gibt mannigfache Charakteristika, die sich aus der Abfolge von verschiedenartig ausgeprägten Schichten ergeben:

den einfachsten Aufbau hat ein rein plectenchymatischer Mantel, wobei die verschiedenen Zellschichten gleich gestaltet sein können (z.B. Mykorrhiza von Cortinarius ob-tusus) und die innersten Schichten nur etwas dichter verflochten sind. Die Manteloberfläche kann spezielle Strukturen aufweisen, z.B. keulenförmige hyaline Cystiden bei Paxillus involutus oder granuläre Einlagerungen zwischen den Hyphen bei Dermocybe cinnamomea. Die Hyphen können zudem in manchen Zellschichten in eine gelatinöse Matrix eingebettet (Piceirhiza guttata) und in verschiedenen Schichten völlig unterschiedlich gestaltet sein, so z.B. sind die äußeren Mantelhyphen von Piceirhiza glutinosa an allen Stellen im Durchmesser gleich, die der darunterliegenden Schichten unregelmäßig ausgebuchtet.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Kombination von pseudoparenchymatischen und plectenchymatischen Schichten. (z.B. die Mykorrhiza von Russula ochroleuca mit äußeren pseudoparenchymatischen und inneren plectenchymatischen Schichten); diesen Mantelaufbau findet man auch bei einigen Lactarius-Mykorrhizen (z.B. Lactarius decipiens), wobei in den mittleren und inneren Mantelschichten Lactiferen anzutreffen sind. Ein Spezialfall liegt bei Piceirhiza rufosimilis, mit sieben unterschiedlich gestalteten Mantelschichten vor. Einen rein pseudoparenchymatischen Mantel hatte nur Piceirhiza chordata.

Gleiche Mykorrhiza-Arten von den unterschiedlich behandelten Versuchsflächen wichen in Mantelaufbau und in -struktur nicht mehr voneinander ab, als innerhalb einer Versuchsfläche.

3.2.2. Abziehende Elemente

Abziehenden Hyphen, Rhizomorphen und Cystiden sind viele konstante Merkmale zueigen. Durchmesser, Septenabstände und -ausprägung, Farbe, Wandstärke, Oberflächenstruktur, Verzweigungsmodus, Form der Basalzellen und das Vorkommen von intrahyphalen Hyphen charakterisieren die abziehenden Hyphen hinreichend. Rhizomorphen lassen sich hinsichtlich ihrer Begrenzung, des Verzweigungsmodus, Anordnung der Hyphen und des Vorkommens, der Lage und der Eigenschaften von großlumigen Hyphen unterscheiden. Cystiden, die DOMINIK (1969) schon zur Bestimmung von Ektomykorrhizen mit heranzog, sind durch Form, Größe, Wandstärke, Inhalt und Farbe charakterisiert.

Die abziehenden Hyphen bzw. Rhizomorphen von Ektomykorrhizen, die von der gleichen Pilzgattung oder verwandten Pilzarten gebildet wurden, ähnelten sich sehr.

Bei den drei beschriebenen Ektomykorrhiza-Arten der Gattung Lactarius konnten die Hyphen nicht unterschieden werden.

Hyphen

Hyphendurchmesser

Die Variabilität der Hyphendurchmesser ist von Art zu Art verschieden. Bei Piceirhiza bicolorata bewegt sie sich z.B. nur zwischen 1,5 und 2,5 μm , bei Cenococcum geophilum zwischen 2 und 11 μm und bei Piceirhiza chordata zwischen 3 und 15 μm . Hier muß jedoch berücksichtigt werden, daß die kleinen Durchmesser von intrahyphalen, seitlich oder apikal auswachsenden, hyalinen oder von jungen Hyphen eingenommen werden. Die Hyphen, die direkt aus dem Mantel abziehen, haben einen konstanteren Durchmesser. Mykorrhizen der gleichen Art (z.B. Dermocybe cinnamomea), von den unterschiedlichen Flächen des Höglwaldes, zeigten keine Abweichungen. Die Dermocybe cinnamomea-Mykorrhiza, die auch AGERER (1987), aber von einem anderen Fundort beschrieb, zeigte einen nur um 0,5 μm größeren Maximalwert des Hyphendurchmessers.

Septen

Die durchschnittlichen Septenabstände sind nur selten artspezifisch. Meist überschneiden sich die Maße (z.B. bei der Mykorrhiza von Dermocybe cinnamomea 20 - 80 μm und bei der von Cortinarius obtusus 10 - 100 μm) und haben wenig Aussagekraft. Wichtig ist die Ausprägung der Septen: entweder sind alle Septen einfach (z.B. Lactarius-Mykorrhizen) oder Schnallen und einfache Septen kommen an einem Hyphensystem nebeneinander vor (z.B. Hygrophorus pustulatus) wobei die Abstände der Schnallen immer wesentlich größer waren, als die der einfachen Septen. Weiters können die Septen z.T. verdickt sein oder sich auch von der Mitte her auflösen (Cenococcum geophilum). Wahrscheinlich handelt es sich um verschiedene Altersstadien der Hyphen. Die Septen können aber auch dann verdickt erscheinen, wenn der Protoplast einer kollabierten Zelle sich hier anlagert (s. Piceirhiza guttata). Verdickte Septen der Zentralhyphen (Paxillus involutus) können als Vorstufe zu deren Auflösung verstanden werden (AGERER 1988).

Doliporusähnliche Strukturen

Doliporusähnliche Strukturen (d.h. Verdickungen im Zentrum des Septums) traten bei einigen Arten regelmäßig auf. Da aber keine elektronenmikroskopischen Untersuchungen vorliegen, ist nicht klar, ob es sich tatsächlich immer um Doliporen handelte, oder um pfropfenartige Anlagerungen am Porus.

Zellwände

Hyphenwandstärke, -farbe und Auftreten von Wandauflagerungen bzw. -einlagerungen sind bei jungem, intakten Frischmaterial als relativ konstant anzusehen.

Bei einigen Arten werden die Wände offensichtlich bei Alterung der Hyphen etwas dicker (z.B. Russula ochroleuca) und gefärbte Zellwände nehmen einen dunkleren Farbton an (Piceirhiza obscura). Dickwandige, stark lichtbrechende und dünnwandige, hyaline Hyphen nebeneinander, unabhängig vom Alter findet man an Piceirhiza conspicua. Warzige Auflagerungen treten bei Cenococcum geophilum und Piceirhiza nigra anscheinend nur an älteren Hyphen auf.

Vorsichtig sollte man bei der Verwendung von konserviertem Material sein; die manchmal anzutreffenden kristalloiden Auflagerungen der Hyphen der Mykorrhiza von Paxillus involutus verschwinden offenbar bei FAA-Material, während die Hyphen selbst leicht kollabieren.

Verzweigung und Anastomosen

Der Verzweigungsgrad der Hyphen ist nur für manche Mykorrhiza-Arten charakteristisch, z.B. für Cenococcum geophilum; die Hyphen sind äußerst selten verzweigt. Piceirhiza glutinosa hingegen hat auffallend vielfach verzweigte Hyphen. Die Hyphen der meisten Mykorrhiza-Arten sind mehr oder weniger stark verzweigt und über Anastomosen miteinander verbunden. Die Ausprägung der Anastomosen ist ein wichtiges Merkmal: es wurden einfache Anastomosen mit oder ohne Septum und Anastomosen mit Kontaktschnallen unterschieden.

AGERER (1987) wies darauf hin, daß eine Verbindung der Hyphen über Kontaktschnallen für viele Arten der Gattung Dermocybe, sowie für Arten anderer Gattungen, wie z.B. Cortinarius und Hebeloma charakteristisch zu sein scheint.

Intrahyphale Hyphen

Intrahyphale Hyphen traten bei mehreren der beschriebenen Ektomykorrhiza-Arten konstant auf.

BULLER (1933) definierte intrahyphale Hyphen folgendermaßen: "jüngere, dünnere Hyphen, die durch das Lumen von älteren, dickeren, abgestorbenen Hyphenzellen wachsen".

Von ihrem Auftreten an Mycelien von Fungi imperfecti, Ascomyceten (ZOPF 1981) und einem Basidiomyceten berichtete BULLER (l.c.)

An Kulturversuchen mit Pyronema confluens konnte BULLER (l.c.) feststellen, daß sich bei Verletzung von Hyphenzellen

a) die Septen konvex in die verletzte, nicht mehr turgeszente Zelle hineinwölben und

b) die Poren dieser Septen mit einem Pfropfen verschlossen werden, der offensichtlich das Austreten des Protoplasten der intakten Zellen verhindern soll.

Dieselbe Erscheinung wurde von LOWRY & SUSSMANN (1966) an Mutanten von Neurospora crassa und von CALONGE (1968) an Sclerotinia fructigena beobachtet.

Anschließend wachsen innerhalb kurzer Zeit vom Septum aus (BULLER 1933) dünne hyaline Hyphen in die beschädigten Zellen, indem sie den Pfropfen beiseite schieben.

Wurde die Spitze einer Hyphe in BULLERS (l.c.) Versuchen künstlich verletzt, so wuchs die intrahyphale Hyphe aus der letzten intakten Zelle apikalwärts aus, wurde eine Zelle innerhalb der Hyphe geschädigt, so bildeten die beiden benachbarten Zellen intrahyphale Hyphen aus, die aufeinander zuwuchsen und dann in der Mitte fusionierten (s. auch Cenococcum geophilum Abb.5 b). Somit wurde der Stofftransport in der Hyphe aufrechterhalten (ss.BULLER)

CALONGE (1968) konnte in elektronenmikroskopischen Untersuchungen von Sclerotinia fructigena nachweisen, daß die Bildung der intrahyphalen Hyphen nicht direkt vom Septum ausgeht, vielmehr wird bei Verletzung einer Zelle in der Nachbarzelle, nahe dem zugepropften Septum, ein zusätzliches Septum eingezogen, von dem die neue Hyphe auswächst. Das apikale Durchbrechen der neuen Hyphe findet nach CALONGES (l.c.) Meinung eher mechanisch als enzymatisch an einer Schwachstelle der "Elterhyphe" statt.

Er gibt auch eine Erklärung für das Auftreten von intra-intrahyphalen Hyphen; dies sind in den intrahyphalen Hyphen wachsende Hyphen, (s.auch Cenococcum geophilum Abb.4 g; 5 c). Demnach können mehrere Generationen intrahyphaler Hyphen nach dem gleichen Mechanismus gebildet werden.

CHAN & STEPHEN (1967) fanden an Linderia (Zygomycet) sogar das Auswachsen mehrerer solcher Hyphen nebeneinander von einem Septum. Sie berichten auch von dem subapikalen Austreten intrahyphaler Hyphen.

CALONGE (l.c) führte das Auftreten von intrahyphalen Hyphen auf das Alter des Myceliums und auch auf bestimmte Eigenschaften des Kulturmediums zurück, die eine Abtötung einzelner Zellen hervorrufen könnte.

HAMILL (1972) betrachtete dieses Phänomen (untersucht an Monotosporella sphaerocephala) als normale Erscheinung des Hyphenwachstums.

CHAN & STEPHEN (1967) vermuteten ein vermehrtes Auftreten bei Ascomyceten.

Bei den untersuchten Mykorrhizen (bzw. Pilzarten) ist die Fähigkeit zur Bildung solcher Hyphen offenbar genetisch festgelegt, da sie an bestimmten Mykorrhiza-Arten (auch von Basidiomyceten gebildeten Mykorrhizen) immer auftraten

und bei anderen nie. Ein Zusammenhang mit der Behandlung der Flächen wurde nicht festgestellt.

Wahrscheinlich ist diese Art von "Reparaturmechanismus" des Mycels von Vorteil für die betreffende Pilzart (BULLER 1933) bzw. Mykorrhiza-Art.

Es ist denkbar, daß solche intrahyphalen Hyphen auch ohne äußeren Anlaß gebildet werden, da sie in manchen, speziell in dickwandigen, großlumigen Hyphen über längere Strecken wachsen. Durch das kleinere Hyphenlumen würde so die Kapillarwirkung erhöht, und damit der Stofftransport beschleunigt. Seitlich und apikal auswachsende intrahyphale Hyphen könnten auch die Aufgabe haben, in kleine Spalten der Bodenpartikel einzudringen, die für die dickeren Hyphen nicht zugänglich sind.

Rhizomorphen

Die Rhizomorphen zeigten verschiedenste Organisationsformen, die auf eine unterschiedliche Effizienz im Nährstofftransport hinweisen (AGERER et al. 1986).

Undifferenzierten Rhizomorphen, die aus locker gebündelten, sich stellenweise wieder auffächernden, abziehenden Hyphen zusammengesetzt sind (z.B. Mykorrhiza von Dermocybe cinnamomea und Cortinarius obtusus) stehen hochdifferenzierte Rhizomorphen aus dicht parallel liegenden Hyphen gegenüber, die einzelne oder mehrere, großlumige, zentrale Hyphen einschließen (z.B. Mykorrhiza von Boletus edulis und Xerocomus badius).

DUDDRIDGE et.al. (1980) konnten an einer Mykorrhiza von Suillus bovinus nachweisen, daß solche Zentralhyphen im Wassertransport eine bevorzugte Rolle spielen. Ähnlich organisiert sind die Rhizomorphen der Paxillus involutus Mykorrhiza, die großlumigen Hyphen sind hier jedoch auch oft randlich gelegen und durch Anastomosen verbunden.

Von besonderer Bedeutung ist sicherlich auch die teilweise Auflösung der Quersepten der Zentralhyphen (AGERER 1988). Degenerierte Querwände der Leithyphen setzen dem fließenden Wasser einen geringeren Widerstand entgegen. Die Organisation dieser Rhizomorphen erinnert an die Organisation von Wurzeln mit ihren Zentralzylindern. Daher dürfte in diesem Rhizomorphentyp die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers ähnlich der im Xylem von höheren Pflanzen sein (AGERER et al. 1987).

Dicht gebündelte und verdrehte Hyphen sind bei der Hygrophorus pustulatus Mykorrhiza und bei Piceirhiza conspicua anzutreffen; die Rhizomorphen von Piceirhiza conspicua sind entweder aus gleichgestalteten Hyphen oder aus zwei unterschiedlichen Hyphentypen (dickwandige Hyphen mit

großem Durchmesser und dünnwandige, dünnere Hyphen) zusammengesetzt. Möglicherweise stellen diese dickwandigen Hyphen eine Art Stabilisierung der Rhizomorphen dar.

Die beschriebenen Lactarius-Mykorrhizen besitzen äußerst dichte, drehrunde, zopfige Rhizomorphen, deren Hyphen offenbar miteinander verkleben; die Lactiferen im Inneren gleichen denen des Mantels. Für diese glatten Mykorrhizen sind die Rhizomorphen sicherlich von großer physiologischer Wichtigkeit (OGAWA 1981; VOIRY 1981), da kaum abziehende Hyphen vorhanden sind, die den Wassertransport übernehmen könnten. In bisherigen Untersuchungen an Lactarius-Mykorrhizen wurden allerdings immer nur sehr wenige oder keine Rhizomorphen gefunden. BRAND & AGERER (1986) konnten feststellen, daß die Rhizomorphen an der Ansatzstelle am Hyphenmantel versteift sind und daher beim Auswaschen der Proben sehr leicht abbrechen.

3.2.3. Quer- und Längsschnitte

Im Zusammenhang mit Untersuchungen über mögliche Veränderungen der Ektomykorrhizen durch Umwelteinflüsse sind Ontogeniestudien der einzelnen Arten unumgänglich, da sich im Laufe der Entwicklung der Mykorrhizen insbesondere die Gestaltung der Rindenzellen und die Ausprägung des Hartigschen Netzes verändern (CLOWES 1950; NYLUND & UNESTAM 1982; HARLEY & SMITH 1983). In den vorliegenden Untersuchungen wurde primär eine Charakterisierung der Mykorrhiza-Arten angestrebt. Es wurden turgeszente, voll ausgebildete Mykorrhizen (Verzweigungssysteme!) für die Charakterisierungen herangezogen. So wurde versucht, Fehler, die wegen zu geringer Kenntnis der ontogenetischen Entwicklung entstehen können, zu vermeiden.

Hyphenmantel

Manteldicke

HARLEY & SMITH (1983) gaben eine durchschnittliche Manteldicke von 20 - 40 µm für Ektomykorrhizen im allgemeinen an. FONTANA und CENTRELLA (1967) berichten von einer starken Variabilität der Manteldicke. MELIN (1923) fand die größten Durchmesser an Kiefermykorrhizen, die von Boletus-Arten gebildet wurden. An den Höglwald-Mykorrhizen wurden stark abweichende Durchschnittswerte für die verschiedenen Arten gefunden, die sich insgesamt zwischen 15 µm und 80 µm bewegen.

Pseudoparenchymatische Mäntel mit inneren plectenchymatischen Schichten (Russula ochroleuca, Lactarius-Mykorrhizen) wiesen konstantere Werte auf, als plectenchymatische Mäntel (Dermocybe cinnamomea). Die größten Maße waren

bei Mykorrhizen mit locker plectenchymatischen Mänteln anzutreffen (Mykorrhiza von Xerocomus badius).

Mantelstruktur

Die Ausprägung der Zellwände (z.B Verdickung, Färbung, Gelatinosität) war für bestimmte Mantelschichten der einzelnen Mykorrhiza-Arten charakteristisch (z.B. Cenococcum geophilum, Piceirhiza glutinosa). Die Lage spezieller großlumiger Hyphen (Piceirhiza conspicua), die Struktur von Mantelauflagerungen (Piceirhiza obscura) und von Cystiden (Piceirhiza nigra) ist in Schnitten oft besser erkennbar.

Wurzelhaubenderivate

In den innersten Mantelschichten sind bei Fichtenmykorrhizen schmale, langezogene goldbraune Streifen zu sehen. Schon FRANK (1885) beschrieb solche Strukturen und erkannte sie als Überreste der verschleimenden, in den Hyphenmantel eingeschlossenen Wurzelhaubenzellen. CLOWES (1951) berichtet von denselben Strukturen an Buchenmykorrhizen und CHILVERS & PRYOR (1965) über das Vorkommen an Eukalyptusmykorrhizen. Diese Substanzen bestehen offenbar vorwiegend aus pektinartigen Stoffen, mit geringem Tanninanteil (CERUTI & BUSSETI 1962; BRAND & AGERER 1986). Ausnahmsweise sind derartige Wurzelhaubenderivate bei Piceirhiza conspicua auch in den mittleren Mantelschichten anzutreffen und zwar an besonders dicken Stellen des Hyphenmantels.

Rindenzellen

Tanninzellen, Anzahl der Reihen und Funktion

Die äußeren (meist ein bis zwei) Rindenzellschichten sind bei Freiland-Mykorrhizen von Picea abies mit amorphen Tanninen angefüllt; für synthetisierte Mykorrhizen trifft dies nicht immer zu (NYLUND & UNESTAM 1982). Ausnahmsweise waren bei Piceirhiza rufosimilis und Piceirhiza nigra an manchen Stellen drei und bei Piceirhiza glutinosa vier Reihen dieser Tanninzellen anzutreffen; Die Mykorrhizen von Lactarius decipiens, Russula ochroleuca und Dermocybe cinnamomea wiesen meist nur eine Reihe solcher Tanninzellen auf.

FOSTER & MARKS (1966) stellten fest, daß diese Tannine aus verschiedenen phenolischen Verbindungen bestehen, die als chemische Abwehrstoffe fungieren, da sie die Cellulase hemmen und fungistatisch wirken. CHILVERS (1968) berichtet, daß solche Tannine unter dem Einfluß des Pilzes gebildet werden, obwohl PICHE et.al (1981) keinen Unterschied ihrer chemischen Zusammensetzung bei unmykorrhisi-

zierten und mykorrhizierten Feinwurzeln fanden. Vermutlich wird durch verschiedene Pilzarten, die eine unterschiedliche Infektiosität haben, eine mehr oder weniger starke Bildung von Tanninsubstanzen induziert.

Größe und Form der Tannin- und Rindenzellen; Tct und TCq; CCT und CCq;

Größe und Form der Tanninzellen und der Rindenzellen lassen sich am besten durch die Werte Tct und TCq, sowie CCT und CCq ausdrücken (s. Punkt II.13). Bei Betrachtung dieser Werte wird deutlich, daß bei Fichtenmykorrhizen im allgemeinen im Querschnitt die Tanninzellen tangential schmal-oval und die Rindenzellen tangential-oval sind.

Eine radiale, starke Verlängerung der äußeren Rindenzellen, wie sie CLOWES (1950) an Buchen- und CHILVERS (1968) von Eukalyptusmykorrhizen beschrieben, wurde nicht beobachtet. Auch sind die Tanninzellen im Querschnitt tangential länger als die Rindenzellen, im Längsschnitt aber tangential kürzer.

Sehr hohe Werte des Tct (sehr schmale Tanninzellen) im Längsschnitt traten z.B. bei Piceirhiza nigra, der Mykorrhiza von Paxillus involutus und Cortinarius obtusus (s. auch AGERER 1987) auf. Möglicherweise beruhen diese hohen Tct Werte auf einer geschwächten Aktivität des Wirtes, bzw. höheren Aggressivität des Pilzes, da bei Piceirhiza nigra und Paxillus involutus zusätzlich auch intrazelluläre Infektionen der Rindenzellen zu beobachten waren. Piceirhiza conspicua und Piceirhiza guttata heben sich durch einen sehr hohen CCT (= sehr schmale Rindenzellen, Längsschnitt) ab, was sich auch im Habitat widerspiegelt; um dies interpretieren zu können, müßte man genaue Ontogeniestudien an einzelnen Mykorrhiza-Arten durchführen. Aber auch hier könnte ein unterschiedlicher Einfluß verschiedener Pilzarten ausschlaggebend sein. Die Werte des CCq zeigen keine signifikanten Unterschiede. Einen deutlichen Unterschied der Rindenzell-Proportion stellten UHL & AGERER (1987) zwischen Ektomykorrhizen von Picea und Pinus fest.

Mykorrhizen der gleichen Art, aber von unterschiedlichen Versuchsflächen zeigten keine bedeutsamen Abweichungen.

Anzahl der Rindenzellschichten

Durchschnittlich 4 - 5 Rindenzellschichten (incl. Tanninzellen) kennzeichnen Fichtenmykorrhizen, selten findet man bis zu 6 (Piceirhiza nigra, Piceirhiza rufosimilis) oder sogar 7 (Piceirhiza glutinosa) und ausnahmsweise nur 3 (Mykorrhiza von Dermocybe cinnamomea) Schichten. Dabei lag die intraspezifische Variabilität bei einer Rindenzell-

schicht mehr oder weniger, nur bei Piceirhiza glutinosa betrug sie zwei Rindenzellschichten. Offensichtlich bewirken verschiedene Pilzarten eine mehr oder weniger starke Vermehrung der Rindenzellschichten (CLOWES 1950; ZAK 1973).

Eine Veränderung der Endodermiszellen wurde an der Cortinari obtusus-Mykorrhiza festgestellt. Die Endodermiszellen waren auffällig vergrößert. AGERER (1987) machte keine derartige Beobachtung. Eine Erklärung dafür wurde nicht gefunden.

Durchwachsene Tanninzellen

Vom Pilz durchwachsene Tanninzellen waren bei einigen Mykorrhiza-Arten anzutreffen. Ein einzelner Querschnitt von der Mykorrhiza von Lactarius theiogalus z.B. zeigte auf einer Seite intakte Tanninzellen, auf der gegenüberliegenden Seite dagegen waren diese von den Pilzhyphen durchwachsen. Bei anderen Mykorrhizen (Piceirhiza rufosimilis, Piceirhiza chordata waren die Tanninzellen ein und derselben Mykorrhiza auch nur z.T. durchwachsen. Bei anderen Mykorrhizen (Xerocomus badius) traten diese Durchwachungen nur an einzelnen Individuen auf.

Dies auf die unterschiedlichen Behandlungen der Flächen zurückzuführen war jedoch nicht möglich, da dieses Erscheinungsbild in allen untersuchten Flächen auftrat.

Nach DUDDRIDGE (1985) besitzen Ektomykorrhizapilze im allgemeinen die Fähigkeit, die Zellwände des Wirtes zu durchwachsen, ihrer Meinung nach geschieht dies aber nur bei einem gestörten physiologischen Gleichgewicht oder bei Alterung der Mykorrhizen. MELIN (1923) führte derartige Durchwachungen auf unterschiedliche Bodenverhältnisse zurück.

Da in den vorliegenden Untersuchungen immer turgeszente und daher vermutlich keine seneszenten Mykorrhizen untersucht wurden, kann man annehmen, daß die unterschiedlichen lokalen Gegebenheiten im Boden eine erhebliche Rolle für die Entwicklung individueller Mykorrhizen spielen (ss. MELIN 1923).

Da allerdings einige der untersuchten Mykorrhiza-Arten keine derartigen Durchwachungen aufwiesen, sollte der Aspekt eines unterschiedlich ausgeprägten, artspezifischen Wirt/Pilz-Verhältnisses bei verschiedenen Ektomykorrhiza-Arten nicht außer Acht gelassen werden. Um dies zu überprüfen, sind allerdings quantitative Untersuchungen an Freilandmykorrhizen notwendig, da bei "in vitro" Versuchen z.B. schon eine Änderung des Glucose-Gehaltes im Medium derartige Durchwachungen bewirken kann (DUDDRIDGE 1985).

Ein- und Anlagerungen von Tanninnsubstanzen in den Rindenzellen

Eine erwähnenswerte Erscheinung, die mit der Durchwachsung der Tanninzellen korreliert ist (also nur bei solchen Mykorrhiza-Arten beobachtet wurde), sind die Ein- oder Anlagerungen von meist rundlichen Tanninsubstanzen in den inneren oder mittleren Rindenzellen. FOSTER & MARKS (1967) schlossen aus elektronenmikroskopischen Untersuchungen, daß derartige Zellen nicht in ihrer Funktion beeinträchtigt sind. Auch leicht verdickte Rindenzellwände traten in diesem Zusammenhang auf. DUDDRIDGE & READ (1984) deuteten dies als Abwehrreaktion des Wirtsgewebes. Sicherlich soll dies bei Ektomykorrhiza-Assoziationen, bei denen der Pilzpartner etwas stärker ist, ein Eindringen der Hyphen in die Zellen verhindern. Extrem mit Tanninen angefüllt, sind alle Rindenzellschichten von Piceirhiza gelatinosa (GRONBACH & AGERER 1986). Hier kann ausgeschlossen werden, daß die intrazellulären Durchwachsungen eine Alterserscheinung oder eine Reaktion der Mykorrhiza auf die Behandlung der Flächen sind. Ausnahmslos alle untersuchten Exemplare zeigten dasselbe Bild. Offensichtlich ist der Pilz hier wesentlich aggressiver. Die Frage, wie effektiv eine solche Mykorrhiza für den Baum ist, schließt sich hier an, zumal Piceirhiza gelatinosa auch keine Rhizomorphen und kaum abziehende Hyphen hat, die bekannterweise von großem Vorteil für die Wasser- und Nährstoffversorgung der Wurzel sind (HARLEY & SMITH 1983).

Hartigsches Netz

Das Hartigsche Netz (HARTIG 1840) zeigte bei den hier untersuchten Arten kaum zur Charakterisierung anwendbare Merkmale. Im allgemeinen sind zwischen der äußersten Tanninzellenschicht 1 bis 3, selten 4 Reihen von Hyphen anzutreffen, die gegenüber den Hyphen der inneren Mantelschicht und jenen des übrigen Hartigschen Netzes deutlich vergrößert sind. FOSTER & MARKS (1967) führen diese abnorme Vergrößerung auf die Toxizität der phenolischen Substanzen zurück. Möglicherweise ist der Durchmesser der einzelnen Hyphen hier von Bedeutung; es wäre jedoch eine statistische Absicherung notwendig, da die Schwankungen sehr groß sind. GÖBL (1986) beobachtete besonders bei jüngeren Fichtenmykorrhizen (Gefäßversuche) nach Säureapplikation eine Vergrößerung der Hyphenquerschnitte des Hartigschen Netzes. Sie sah darin eine Einengung der Zellen des Pflanzengewebes.

Das Hartigsche Netz dringt in den meisten Fällen nur in die äußeren Rindenzellschichten vor, selten ist nur die äußerste Tanninzellenschicht (Piceirhiza bicolorata) von

den Hyphen umschlossen. Maximal erstreckt sich das Hartigsche Netz bis zur Endodermis (Piceirhiza gelatinosa). Da aber die Eindringtiefe schon innerhalb einer Art variiert (+/- ein bis zwei, selten drei Zellschichten), kann dieses Merkmal nicht zur Charakterisierung angewendet werden. Zumindest müßten dann die verschiedenen Hartigschen Netz-Regionen (im Längsschnitt!) innerhalb einer Mykorrhiza-Art (ATKINSON 1975) und während der Entwicklung (NYLUND & UNESTAM 1982; BLASIUS et al. 1986) derselben untersucht werden.

Die meristematische Spitzenregion ist nach FRANK (1885), CLOWES (1950), NYLUND & UNESTAM (1982) und HARLEY & SMITH (1983) immer frei von intrazellulär eindringenden Hyphen. Dies galt auch für die hier beschriebenen Ektomykorrhizen

MANGIN (1910) beschrieb die Struktur der die Rindenzellen umkleidenden Hyphen als "Palmetti". In Aufsicht besteht das Hartigsche Netz aus fingerförmig verzweigten und anastomosierenden Hyphen (STRULLU 1975; DUDDRIDE & READ 1983, BLASIUS et al. 1986), die aber den symplastischen Transport zwischen den Wirtszellen nicht unterbrechen (NYLUND 1980). HAUG (1987) fand in elektronenmikroskopischen Untersuchungen, daß in bestimmten Bereichen der Rindenzellen (primäre Tüpfelfelder) kein Hartigsches Netz ausgebildet wird und auch keine Wandverdickung stattfindet. Die typische Palmettistruktur war bei allen untersuchten Mykorrhiza-Arten anzutreffen, wobei sich aber das Muster der auf den Tanninzellen liegenden Hyphen, von dem der übrigen Rindenzellen erheblich unterscheidet (s. Abb.28 a und b). FOSTER & MARKS (1967) sprechen von einer abnormen Verzweigung der den Tanninzellen aufliegenden Hyphen. Die meisten Mykorrhiza-Arten unterschieden sich nur unerheblich bezüglich der Struktur des Hartigschen Netzes auf den Rindenzellen. Nur bei Piceirhiza conspicua fiel der geringe Durchmesser der Verzweigungen auf. BRAND & AGERER (1986) beschrieben eine deutlich von der Palmetti-Struktur abweichende Gestaltung des Hartigschen Netzes der Ektomykorrhiza von Lactarius vellereus.

Haustorienartige Einstülpungen des Hartigschen Netzes in die Rindenzellen

Bei einigen Arten fielen regelmäßig auftretende, blasige und bei Piceirhiza conspicua bäumchenförmige Einstülpungen des Hartigschen Netzes in das Lumen der Rindenzellen auf. LUPPI & GAUTERO (1967) berichten von dem regelmäßigen Auftreten solcher haustorienartiger Einwüchse bei der Mykorrhiza von Argangeliella asterosperma an Quercus pubescens. MEYER (1984) deutete diese Erscheinung als intrazelluläre Infektionen, die durch Abwehr der Wirtspflanze in einem Anfangsstadium stehen geblieben sind. GÖBL (1986)

fand derartige Einstülpungen gehäuft nach Säurebehandlung an Mykorrhizen, die in nährstoffarmen Böden gewachsen waren. Sie unterschied aber nicht nach Mykorrhiza-Arten. Wahrscheinlich haben diese Bildungen keinen pathogenen Charakter, zumal die betroffenen Zellen auch keine Abwehrreaktionen zeigen. Möglicherweise sind sie sogar von Vorteil, da eine Vergrößerung der Stoffaustauschfläche stattfindet.

Intrazelluläre Hyphen

MELIN (1923) bezeichnete Mykorrhizen, deren Hartigsche Netz-Hyphen in die Rindenzellen eindringen und dann aber enzymatisch durch diese "verdaut" werden als Ektendomykorrhizen. Er schlägt aber vor, Mykorrhizen mit nur wenigen intrazellulären Infektionen als Ektomykorrhizen zu behandeln, da die mutualistische Symbiose dadurch nicht gestört sei. CLOWES (1950) berichtet, daß viele Ektomykorrhizen intrazelluläre Infektionen ausbilden könnten und eine klare Abgrenzung zwischen Ekto- und Ektendomykorrhizen nicht möglich sei, ebenso stellte MIKOLA (1965) fest, daß ein und derselbe Pilz mit verschiedenen Wirten Ekto- oder Ektendomykorrhizen bilden kann. CHILVERS und PRYOR (1965) stellten solche Infektionen an schon äußerlich krankhaft aussehenden, und MEYER (1984) an Mykorrhizen geschädigter Waldbäume und ungünstiger Standorte fest. Die von MEYER (l.c.) als "Ektendomykorrhizen" bezeichneten Erscheinungsformen haben allerdings offensichtlich sehr viele intrazelluläre Infektionen und einen kaum ausgeprägten Hyphenmantel. BJÖRKMANN (1949) interpretierte intrazelluläre Hyphen als leicht parasitischen Angriff des Pilzes. FOSTER & MARKS (1967) nahmen an, daß der Pilz nur so lange interzellulär leben kann, wie er mit genügend Kohlenhydraten vom Wirt versorgt wird. GILTRAP (1983) fand intrazelluläres Wachstum bei geringen Glucosekonzentrationen im Nährmedium und GÖBL (1986) an Fichtenmykorrhizen nach Säurebehandlung nährstoffarmer Böden.

NYLUND & UNESTAM (1982) und HARLEY & SMITH (1983) sehen das Auftreten von intrazellulären Infektionen als normale Alterserscheinung an.

Bei den hier untersuchten Mykorrhizen konnte kein Zusammenhang zwischen dem Auftreten intrazellulärer Infektionen und der Behandlung der Versuchsflächen oder dem Alter der Mykorrhizen festgestellt werden. HAUG (1987) beschrieb, daß beim altersbedingten Absterben von Mykorrhizen entweder die Hyphen in die Rindenzellen (besonders in die äußeren) einwachsen, oder daß das Hartigsche Netz bzw. der Pilz abstirbt, bevor er in irgendeine der Rindenzellen eingedrungen ist. Wahrscheinlich ist bei verschiedenen Ektomykorrhiza-Assoziationen das Gleichgewicht etwas zum

Pilzpartner hin verschoben, ohne daß die Funktionsfähigkeit der Symbiose weiters beeinträchtigt wird, zumal auch sehr wenige Zellen betroffen sind. Ob die eindringenden Hyphen tatsächlich nicht von Nachteil für den Wirt sind, läßt sich aber nur durch cytologische und cytochemische Untersuchungen (HAUG l.c.) aufklären.

3.2.4. Färbereaktionen

PEYRONEL (1934), TRAPPE (1967) und ZAK (1969) maßen chemischen Färbereaktionen große Bedeutung zu. Bei den hier untersuchten Mykorrhiza-Arten ergaben die Färbereaktionen der Hyphenmäntel zu geringe Unterschiede, um sie zu einer Charakterisierung heranzuziehen.

3.2.5. Fluoreszenz

Makroskopische Autofluoreszenz wurde bei keiner der Mykorrhiza-Arten festgestellt.

Die Betrachtung der Schnitte mit UV- und Blaufilter (TRAPPE 1967a; ZAK 1973; AGERER 1987) zeigte nur bei wenigen Mykorrhiza-Arten erfaßbare Farbabweichungen. Bei einigen Arten zeigten äußere und innere Mantelschichten verschiedene Farben (z.B. Russula ochroleuca). BRAND & AGERER (1986) beobachteten an Lactarius vellereus sogar drei unterschiedlich fluoreszierende Schichten. Für die geringen Farbunterschiede der meisten Arten müssen Farbaufnahmen zur Dokumentation herangezogen werden, da eine Umschreibung nur schlecht möglich ist.

3.2.6. Kernfärbungen

Kernfärbungen mit Karminessigsäure zeigen unterschiedliche Kerngrößen und unterschiedliche Anzahl und Verteilung der Kerne.

FOSTER & MARKS (1966) stellten bei elektronenmikroskopischen Untersuchungen von Kiefernmykorrhizen im äußeren Hyphenmantel andersgestaltete Kerne als im inneren Mantel fest; CERUTI et al. (1984) konnten innerhalb eines Mycels von Boletus aereus die verschiedensten Formen und Anzahlen von Kernen beobachten. MEIXNER & BRESINSKY (1988) fanden, daß in den dikaryontischen älteren Hyphen von Serpula und Leucogyrophana jeweils zwei diploide Kerne pro Zelle und in den jungen Hyphenabzweigungen jeweils zwei haploide Kerne sind. Daher sind ausführlichere ontogenetische Untersuchungen anzustellen, bevor Aussagen über artspezifische Merkmale bestimmter Kerneigenschaften gemacht werden können. Bei allen Mykorrhiza-Arten sind Kernpaare oder einzeln liegende Kerne vorhanden, meist ein bis zwei pro Zelle.

Bei der Russula ochroleuca-Mykorrhiza waren in manchen

Zellen bis 10 Kerne oder ein einzelner, auffällig großer Kern pro Zelle (an demselben Präparat nebeneinander!). Auch bei Piceirhiza nigra traten diese einzelnen, großen Kerne auf. Ob es sich hier um Polyploidie handelt, wäre zu untersuchen. MEIXNER & BRESINSKY (1988) fanden in besonders großen Zellen von Serpula und Leucogyrophana besonders große Kerne, die sich als polyploid erwiesen. Ein höherer DNA-Gehalt der Zellkerne widerspiegelt ihrer Meinung nach auch eine relative Höherentwicklung des betreffenden Organismus.

Ein Nebeneffekt der Kernfärbung war die starke Färbung der verdickten Septen der Hyphen von Boletus edulis und die Anfärbung der tröpfchenförmigen Auflagerungen der abziehenden Hyphen von Piceirhiza guttata

V. Zusammenfassung

Im Rahmen eines interdisziplinären Projektes zur Waldschadensforschung wurde von 1984 bis Ende 1986 der Ektomykorrhiza-Artenbestand definierter Versuchsflächen, eines 40km westlich von München gelegenen Fichtenwaldes (Höglwald), untersucht.

Schwerpunkt war die Charakterisierung der Ektomykorrhiza-Arten in einer unbehandelten und zusätzlich regenkonditioniert berechneten Fläche; Untersuchungen bezüglich morphologischer und anatomischer Veränderungen dieser Ektomykorrhizen in den sauer berechneten Flächen wurden durchgeführt.

- Im Zuge dieser Studien gelang es, 19 verschiedene Ektomykorrhiza-Arten zu analysieren und genau zu charakterisieren; viele eindeutige Unterscheidungsmerkmale wurden gefunden.
- Verschiedenste Organisationsformen der einzelnen Ektomykorrhiza-Arten ließen auf eine unterschiedliche Effektivität bezüglich der Ernährung des Baumes schließen.
- Einige morphologische Charakteristika (z.B. Mykorrhizen-Durchmesser, -Gestalt, das Fehlen oder Vorhandensein von keuligen Anschwellungen), die in bisherigen Untersuchungen über Umwelteinflüsse wegen Nicht-Kennen der Arten als Zeichen von Schädigungen angesehen wurden, erwiesen sich als artspezifisch.
- Für die beschriebenen Arten wurde ein Bestimmungsschlüssel aufgestellt
- Die Beschreibungen umfassen morphologische, anatomische und karyologische Merkmale, sowie mikrochemische Reaktionen und Autofluoreszenz.
- Die wichtigsten und auch möglichst leicht zugänglichen Unterscheidungsmerkmale werden aufgezeigt.

Neun der charakterisierten Ektomykorrhiza-Arten konnten identifiziert werden, d.h. sie wurden dem entsprechenden Pilzpartner zugeordnet:

Boletus edulis Bull.: Fr.; Cenococcum geophilum Fr.; Cortinarius obtusus Fr.; Dermocybe cinnamomea (L.) Wünsche; Hygrophorus pustulatus Pers. (Fr.); Lactarius decipiens Quel.; Lactarius theiogalus (Bull.) Fr.; Paxillus involutus (Batsch) Fr.; Russula ochroleuca (Pers.) Fr. und Xerocomus badius (Fr.) Kühn.: Gilb.;

Die Ektomykorrhiza von Boletus edulis Bull.: Fr. wurde, obwohl sie aus einem anderen Fichtenbestand (Schöngeisinger Forst, Lkr. Fürstenfeldbruck) stammt, mit in die Arbeit aufgenommen, um vorhandene Ähnlichkeiten, aber auch

Unterscheidungsmöglichkeiten, für die von Boletaceen (im speziellen Xerocomus badius) gebildeten Ektomykorrhizen aufzuzeigen.

Bisherige Beschreibungen verwandter oder gleicher Ektomykorrhiza-Arten in der Literatur werden diskutiert; dabei erwiesen sich einige morphologische und anatomische Merkmale als spezifisch, für die von derselben Pilzgattung gebildeten Ektomykorrhiza-Arten. Die Variabilität der Merkmale gleicher Ektomykorrhiza-Arten, die von anderen Fundorten stammten, war gering.

Die für die Beschreibungen herangezogenen Merkmale werden hinsichtlich ihrer Variabilität und Aussagekraft besprochen.

Die Ursachen für Erscheinungsbilder, die möglicherweise auf krankhafte Veränderungen hindeuten (ungerichteter Wuchs, perlschnurartiges Wachstum, intrazelluläre Durchwachsungen von Tannin- und Rindenzellen, haustorienartige Einwachsungen in die Rindenzellen und Einlagerungen von Tanninsubstanzen in die inneren Rindenzellen), werden diskutiert.

Ein Zusammenhang mit der unterschiedlichen Behandlung der Versuchsflächen konnte nicht hergestellt werden, da

- a) die Untersuchungen einzelner Arten in den Versuchsflächen aus technischen Gründen bisher nicht quantitativ vorgenommen werden konnten;
- b) in allen Flächen morphologische und anatomische Erscheinungsformen von Mykorrhizen auftraten, die als "krankhaft verändert" angesehen werden können.
- c) bisher noch zuwenig über die ontogenetische Entwicklung definierter Ektomykorrhiza-Arten bekannt ist.
- d) sich die saure Beregnung 1986 (letztes Untersuchungsjahr der vorliegenden Studie) wahrscheinlich noch gar nicht auf die Ektomykorrhizen auswirkte; bodenchemische Untersuchungen von 1986 zeigten noch keinen Versauerungseffekt im Oberboden (KREUTZER & SCHIERL 1987).

Ein positiver Bewässerungseffekt auf die Ektomykorrhizen konnte wahrscheinlich gemacht werden, da in der zusätzlich regenkonditioniert beregneten Fläche die größte Artenvielfalt beobachtet wurde; eine statistische Absicherung liegt jedoch nicht vor.

Ausblick

An definierten Ektomykorrhiza-Arten sollten ausführliche Ontogeniestudien durchgeführt werden. Eine quantitativ-statistische Auswertung morphologischer und anatomischer Daten würde dann konkrete Aussagen über umweltbedingte Veränderungen dieser Ektomykorrhiza-Arten ermöglichen.

VI. Alphabetisches Register der beschriebenen Ektomykorrhiza-Arten.

<u>Beschreibungen und Abbildungen:</u>	<u>Seite</u>	<u>Tafelnr.</u>
Boletus edulis Bull.: Fr.	72.....	13/14
Cenococcum geophilum Fr.	21.....	1/2
Cortinarius obtusus Fr.	54.....	9/10
Dermocybe cinnamomea (L.) Wünsche	103.....	21/22
Hygrophorus pustulatus Pers. (Fr.)	164.....	36/37
Lactarius decipiens Quel.	128.....	28/29
Lactarius theigalus (Bull.) Fr.	136.....	30/31
Paxillus involutus (Batsch) Fr.	62.....	11/12
Piceirhiza bicolorata	31.....	3/4
Piceirhiza chordata	144.....	32/33
Piceirhiza conspicua	110.....	23/24/25
Piceirhiza glutinosa	89.....	17/18
Piceirhiza guttata	96.....	19/20
Piceirhiza nigra	35.....	5/6
Piceirhiza obscura	45.....	7/8
Piceirhiza rufosimilis	120.....	26/27
Russula ochroleuca (Pers.) Fr.	154.....	34/35
Xerocomus badius (Fr.) Kühn.: Gilb.	81.....	15/16

VII. Literaturverzeichnis

- AGERER, R. (1985) Zur Ökologie der Mykorrhizapilze. *Bibl. Myc.* 97: 1 - 160.
- (1986) - Studies on Ectomycorrhizae II.- Introducing remarks on characterization and identification. *Mycotaxon* 26: 473 - 492.
 - (1986 a) - Studies on Ectomycorrhizae III.- Mycorrhizae formed by four species in the genera *Lactarius* and *Russula* on spruce. *Mycotaxon* 27: 1 - 59.
 - (1987) - Studies on Ectomycorrhizae V.- Mycorrhizae formed by *Dermocybe cinnamomea* and *Dermocybe sanguinea* on spruce. *Nova Hedwigia* 44 (1 - 2): 69 - 89.
 - (1987) - Studies on Ectomycorrhizae IX. - Mycorrhizae formed by *Tricholoma sulfureum* and *T. vaccinum* on spruce. *Mycotaxon* 28 (2): 327 - 360.
 - (1987 a) - Studies on Ectomycorrhizae X. - Mycorrhizae formed by *Cortinarius obtusus* and *C. venetus* on spruce. *Mycologia*. 79 (4): 524 - 539.
 - ed. (1988) - Colour Atlas of Ectomycorrhizae. Einhorn Verlag D-7070 Schwäbisch-Gmünd.
 - (1988) - Studies on Ectomycorrhizae XVII - The ontogeny of the ectomycorrhizal rhizomorphs of *Paxillus involutus* and *Telephora terrestris* (Basidiomycetes). *Nova Hedwigia* (in print).
- AGERER, R., F. BRAND & E. GRONBACH (1986) - Die genaue Kenntnis der Ektomykorrhizen als Voraussetzung für Feinwurzeluntersuchungen im Zusammenhang mit dem Waldsterben. *AFZ* 1986 (20): 479 - 503, 509.
- ALEXANDER, I.J. (1981) - *Picea sitchensis* and *Lactarius rufus* mycorrhizal associations and its effect on seedling growth and development. *Trans. Br. mycol. Soc.* 76: 417 - 423.
- ALTEN, v.H. & F.H. MEYER (1984) Zusammenhänge zwischen Schädigungen des Feinwurzel systems einschließlich der Mykorrhiza und dem Auftreten neuartiger Waldschäden. *Mitteilg. Biolog. Bundesamt Land - u. Forstwirtschaft.* 223:44.
- ATKINSON, M.A. (1975) - The fine structure of mycorrhizas. D. Phil. Thesis, Oxford; (fd. HARLEY, J.L. & S.E. SMITH (1983)).
- BERG, B. (1986) Untersuchungen zur Ektomykorrhiza der Gattung *Cenococcum* Fries. Diplomarbeit der Fakultät Biologie der Universität München.
- BESLOW, D.T., HACSKAYLO, E. & MELHUISH, J. (1970) Effects of environment on beaded root development of red maple. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 97: 248 - 252.

- BJÖRKMANN, E. (1949) - The ecologic significance of the ectotrophic mycorrhizal association in forest trees. Svensk Botanisk Tidskrift 43 (2-3): 223 - 262.
- BLASCHKE, H. (1980) Feinwurzeluntersuchungen und biotische Aktivitäten in der Rhizosphäre vom Tannensterben befallener *Abies alba* Bestände. Sonderdruck aus European Journal of Forest Pathologie, Bd. 10 (1980). Heft 2 - 3, 181 - 185.
- (1981) Schadbild und Ätiologie des Tannensterbens. II. Mykorrhizastatus und pathogene Vorgänge im Feinwurzelbereich als Symptome des Tannensterbens. Sonderdruck aus European Journal of Forest Pathologie. Bd.11 (1981), Heft 5 - 6, 375 - 379.
 - (1982) - Schadbild und Ätiologie des Tannensterbens III. Das Vorkommen einer Phytophthora-Fäule an Feinwurzeln der Weißtanne (*Abies alba* Mill.). Sonderdruck aus European Journal of Forest Pathologie, Band 12 (1982), Heft 4 - 5, 232 - 238.
 - (1985) - Wurzelschäden und Waldsterben: Degradationserscheinungen an Feinwurzeln und Mykorrhizen. Manuskript Int. Workshop Myk.- Forschung, Wien 3.5.84.
 - (1986) - Einfluß von saurer Beregnung und Kalkung auf die Biomasse und Mykorrhizierung der Feinwurzeln von Fichten. Forstwiss. Cbl. 105(4): 324 - 329.
 - , U.BREHMER & H. SCHWARZ (1985) - Wurzelschäden und Waldsterben: Zur Bestimmung morphometrischer Kenngrößen von Feinwurzelsystemen mit dem IBAS - erste Ergebnisse. Forstwiss. Cbl. 104 (3-4):199 - 205.
- BLASIUS, D., FEIL, W., KOTKE, I., OBERWINKLER, F. (1986) Hartig net structure and formation in fully ensheathed ectomycorrhizae. Nordic. J. Bot.6: 837 - 842.
- BOULLARD, B. (1965) Considerations sur la systematique des mycorrhizas ectotrophes. Bull. Soc. Bot. Fr. 112: 272 - 275.
- BRAND, F. & R. AGERER (1986) - Studien an Ektomykorrhizen VIII. Die Mykorrhizen von *Lactarius subdulcis*, *Lactarius vellereus* und *Laccaria amethystina* an Buche. Z. Mykol. 52 (2): 287 - 320.
- & - (1988) - Studien an Ektomykorrhizen XIII.- Drei häufige Ektomykorrhizen der Buche (*Fagus sylvatica* L.) aus südbayerischen Buchenwäldern - Charakterisierung und unsterile Kultivierung von Buchenmykorrhizen. Sydowia Ann. Mycol. im Druck.
- BROWN, N.T. & D.A.WILKINS - Zinc tolerance of *Amanita* and *Paxillus*. TR. Br. Myc. Soz. 84(2): 367 - 369.
- BRYAN, W.C & B.ZAK (1961) Synthetic culture of mycorrhizae of southern pines. For. Sci.7: 123 - 129
- BULLER, A.H.R. (1933) - Researches on Fungi V. Chapter II: The translocation of protoplasm through the septate mycelium of certain Pyrenomycetes, Discomycetes and

- Hymenomycetes. Longmanns, Green & Co, London, No.4, Toronto, pp: 75 - 167.
- CALONGE, F.D. (1968) Origin and development of intrahyphal hyphae in *Sclerotinia fructigena*. *Mycologia* 60: 932 - 942.
- CERUTI, A. & L. BUSSETTI (1962) - Sulla simbiosi micorrizale tra *tigli* e *Boletus subtomentosus*, *Russula grisea*, *Balsamia platyspora*, *Hysterangium clathroides*. *Allionia* 8:55 - 66.
- CERUTI, A., J. CERUTI SCURTI & M. TOZZI (1984) - Mycorrhizal synthesis between *Boletus aereus* and *Quercus pubescens*. *Allionia* 26: 5 - 17.
- CHAN, C. & R.C. Stephen (1967) - Intrahyphal hyphae in the genus *Linderia*. *Can. J. Bot.* 45: 1995 - 1998.
- CHILVERS, G.A. (1968) - Some distinctive types of eucalypt mycorrhizae. *Aust. J. Bot.* 26: 49 - 70.
- CHILVERS, G.A. & L.D. Pryor (1965) - The structure of eucalypt mycorrhizas. *Aust. J. Bot.* 13: 245 - 259.
- CHU-CHOU, M. & L.J. GRACE (1983) - Characterization and identification of mycorrhizas of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*). *Eur. J. For. Pathol.* 13(4): 251 - 260.
- CLEMONCON, H. (1978) - Siderophilous granules in the basidia of Hymenomycetes. *Persoonia* 10(1): 83 - 96.
- CLOWES, J.A.L. (1950) Root apical meristems of *Fagus sylvatica*. *New Phytol.* 49 (2): 248 - 268 + pl.3.
- CLOWES, J.A.L. (1951) The structure of mycorrhizal roots of *Fagus sylvatica*. *New Phytol.* 50 (1): 1 - 17.
- DANIELSON, R.M., J.C. ZAK & D. PARKINSON (1984) Mycorrhizal inoculum at a peat deposit formed under a white spruce stand in Alberta. *Can. J. Bot.* 63: 2557 - 2560.
- DIGHTON, J., SKEFFINGTON, R.A. & K.A. BROWN (1986) - The effects of Sulphuric acid (pH3) on Roots and Mycorrhizas of *Pinus sylvestris*. In: V. Gianinazzi-Pearson & S. Gianinazzi. *Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae*: 739 - 744.
- DOMINIK, T. (1969) - Key to ectotrophic mycorrhizae. *Folia Forest. Polon. Ser. A* 15: 309 - 328.
- DUDDRIDGE, J.A. (1985) A comparative ultrastructural analysis of the host fungus interface in mycorrhizal and parasitic associations. In: Moore, D. et. al.: *Development biology of higher fungi: Symp. Br. Myc. Soc.* 10: 141 - 174.
- DUDDRIDGE, J.A., A. MALIBARI & D.J. READ. (1980) - Structure and function of mycorrhizal rhizomorphs with special reference to their role in water transport. *Nature Lond.* 287: 834 - 836.
- DUDDRIDGE, J.A. & D.J. READ (1984) Modification of the host - fungus interface in mycorrhizas synthesized between *Suillus bovinus* and *Pinus sylvestris*. *New Phytol.* 96 (4): 583 - 588.

- FONTANA, A. (1977) Ectomycorrhizae in *Polygonum viviparum*. L. Abstrac. Nacom 3: 53 (fd. Harley & Smith 1983)
- FONTANA, A. & E. CENTRELLA (1967) Ectomycorrhizae produced by hypogeous fungi. *Allionia* 13: 149 - 176.
- FOSTER, R.C. & G.C. MARKS (1966) The fine structure of the mycorrhizas of *Pinus radiata* D. Don. *Aust. J. Biol. Sci.* 19, 1966: 1027 - 1038.
- FOSTER, R.C. & G.C. MARKS (1967) Observation of the mycorrhizas of forest trees II. The rhizosphere of *Pinus radiata* D. Don. *Aust. J. Biol. Sci.* 20 : 915 - 925.
- FRANK, B. (1885) - Ueber die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische Pilze. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* 3: 128 - 145.
- FRANK, B. (1887) Ueber neue Mykorrhiza-Formen. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* 5 : 395 - 408.
- (1894) Die Bedeutung der Mykorrhizapilze für die gemeine Kiefer. *Forstwiss. Zentralblatt*, 16: 184 - 190.
- FRIES, E. (1829) - *Systema Mycologicum*. III. *Gryphiswaldae* (f.d. Ferdinandson & Winge 1925).
- FRITSCH, K. (1956) Untersuchungen an Mykorrhizen der Weißtanne im Südschwarzwald unter Berücksichtigung der Bodenazidität. *Diss. Univ. Freiburg (Br.)*.
- GARBAYE, J. & M.E. WILHELM (1984) - Influence of mycorrhizal status of planting stock on the mycorrhizal status of young oak plantations. *Acta Oecol. Oecol. Plant* 5(2): 151 - 162.
- GARRETT, H.E., J.L. CARNEY & H.G. HEDRICK (1982) The effects of ozone and sulfur dioxide on respiration of ectomycorrhizal fungi. *Can. J. For. Res.* 12 (2): 141 - 145.
- GEHRMANN, J. & B. ULRICH (1983) - Der Einfluß des sauren Niederschlags auf die Naturverjüngung der Buche. Landesanstalt für Ökol. Landschaftsentw. und Forstplan. Nordrhein-Westf.- Sonderheft der Mitteilungen 1982 - Erweiterte Neuauflage 83, Titel: Immisionsbelastung von Waldökosystemen: 32 - 36.
- GESELLSCHAFT für STRAHLEN- und UMWELTFORSCHUNG MÜNCHEN (1985) Bericht 8/85 - Ergebnisse der Waldschadensforschung. 8042 Neuherberg: 1 - 98
- GIBELLI, G. (1883) Nuovi studii sulla malattia del castagno detta dell' inchiostro. *Mem. Accad. Sci. Ist. Bologna* 4: 287 - 314.
- GILTRAP, N.J. (1979) Experimental studies on the establishment and stability of ectomycorrhizae. Ph. D. Thesis, Sheffield Univ.
- (1983) Influence of irradiance and concentration of glucose in the substrate on mycorrhizal development by *Cenococcum geophilum* and *Paxillus involutus* in axenic culture. *Trans. Br. mycol. Soc.* 81(3): 627- 629.
- GIOVANETTI, G. & A. FONTANA (1986) - Mycelial strands in some species of *Boletus*: *B. pinicola* Vitt. In: V. Gianinazzi-Pearson & S. Gianinazzi. *Physiological*

- and Genetical Aspects of Mykorrhizae: 641 - 646.
- GODBOUT, G. & J.A.FORTIN (1985) - Classification of ectomycorrhizae: What's new and what to do. Proc. Nacom VII: 186 - 188.
- GÖBL, F. (1986) - Wirkung simulierter saurer Niederschläge auf Büden und Fichtenjungpflanzen im Gefäßversuch. III. Mykorrhizauntersuchungen. Cbl. ges. Forstwesen 103 (2): 89 - 107.
- GRELLIER, B., R.LETOUZE & D.G.STRULLU (1984) - Micropropagation of birch (*Betula pendula*) and mycorrhizal formation in vitro. New. Phytol. 97(4): 591 - 600.
- GRONBACH, E. & R. AGERER (1986) - Charakterisierung und Inventur der Fichtenmykorrhizen im Höglwald und deren Reaktion auf saure Beregnung. Forstwiss. Cbl. 105 (4): 329 - 335.
- HAMILL, T.M. (1972) - Fine structure of annellophores. II. *Monotosporella spaerocephala*. Can J. Bot. 50: 581 - 585. (fd. JABAJI-HARE S.H. & P.M. CHAREST).
- HARLEY, J.L. & S.E. SMITH (1983) - Mycorrhizal symbiosis. Academic Press 1983; London, New York.
- HARTIG, T. (1840) - Vollständige Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen Deutschlands. A. Förstnersche Verlagsbuchhandlung, Berlin. 120 plates (fd. Trappe J.M. & S.M. Berch (1985)
- HASELWANDTER, K. & D.J.READ (1979) - Mycorrhizal status of high-alpin plant communities. Abstr. Nacom 4. (fd. Mosse et. al. 1981)
- HATCH, A.B. (1934) - A jet-black mycelium forming ectotrophic mycorrhizae. Sv. Bots. Tidskr. 28: 369 - 383.
- HAUG, I. (1987) Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen an Mykorrhizen von Fichtenbeständen im Schwarzwald. Dissertation, Universität Tübingen.
- HESLIN, M.C. & G.C.DOUGLAS (1986) - Synthesis of poplar mycorrhizas. Trans. Br. mycol. Soc. 86(1): 117 - 122.
- INGLEBY, K., F.T.LAST & P.A. MASON (1985) Vertical distribution and temperature relations of sheathing mycorrhizas of *Betula* spp., growing on coal spoil. For. Ecol. and Management, 12 (1985): 279 - 285.
- JABAJI-HARE S.H. & P.M. CHAREST (1987) Ultrastructural and cytochemical observations on the somatic phase of *Endogone pisiformis* (Endogonaceae). Mycologia 79(3): 433 - 445.
- JAMES, H., M.N.COURT & D.A. MACLEOD (1978) Relationships between Growth of Sitka Spruce (*Pinus sitchensis*), Soil Factors, and Mycorrhizal Activity on Basaltic Soil in Western Scotland. Forestry (Oxf.) 51, 105 - 120 (fd. Gehrman, J. & B. Ulrich 1983).
- JONES, M.D., M.H.R.BROWNING & T.C. HUTCHINSON (1986) - The influence of mycorrhizal assoziation on paper birch and Jack pine seedlings when exposed to elevated copper, nickel or aluminium. Water Air Soil Pollut.

31(1986): 441 - 448.

- KOTTKE, I. & R. AGERER (1983) - Untersuchungen zur Bedeutung der Mykorrhiza in älteren Laub- und Nadelwaldbeständen des Südwestdeutschen Keuperberglandes. Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung, Heft 30 (1983), 30 - 39.
- KOTTKE, I. (1987) - Zusammenfassung und Bewertung des Themenbereiches: Wurzel/Boden und Rhizosphäre. In: (STÜTTGEN E. ed. 1987) - Statusseminar zum BMFT-Fördererschwerpunkt: Ursachenforschung zu Waldschäden; Tagungsbericht; Spezielle Berichte der Kernforschungsanlage Jülich - Nr. 413: 342 - 349.
- KRANGAUZ, R.A. (1967) Pure cultures of potential mycorrhizaformers with oak and pine examined in pot cultures. In: Imshenetskii, A. (ed): Mycotrophy in plants (Orig. Publ. in Russia): 246 - 252; Israel. Progr. Scient. Transl./ Jerusalem.
- KREUTZER, K. & J. BITTERSÖHL (1986) - Untersuchungen über die Auswirkungen des sauren Regens und der kompensatorischen Kalkung im Wald. Forstwiss. Cbl. 105(4): 273 - 282.
- KREUTZER, J. & R. SCHIERL (1987) - Mobilisierung, Komplexierung und Translokation von Schwermetall- und Aluminiumionen unter dem Einfluß atmosphärischer Versauerung. In: (STÜTTGEN E. ed) - Statusseminar zum BMFT-Fördererschwerpunkt: Ursachenforschung zu Waldschäden; Tagungsbericht; Spezielle Berichte der Kernforschungsanlage Jülich - Nr. 413: 352 - 353.
- LAIHO, O. (1970) - *Paxillus involutus* as a mycorrhizal symbiont of forest trees. Acta. For. Fenn. 106: 1 - 72.
- LIHNELL, D. (1939) Untersuchungen über die Mykorrhizen und Wurzelpilze von *Juniperus communis*. Symb. Bot. Upsaliensis 3: 1 - 134.
- (1942) *Cenococcum graniforme* als Mykorrhiza-Bildner von Waldbäumen. Symbolae Botanicae Upsaliensis V: 2 - 19.
- LOWRY, R.J. & A.S. SUSSMANN (1966) - Intrahyphal hyphae in "Clock" mutants of *Neurospora*. Mycologia 58: 541 - 548.
- LUPPI, A.M. & C. GAUTERO (1967) - Recherche sulle micorrize di *Quercus robur*; *Q. petraea* e *Q. pubescens* in Piemonte. Allionia 13: 129 - 148.
- MANGIN, L. (1910) - Introduction à l'étude des Mycorrhizes des Arbres Forestiers. Nouv. Arch. Mus. d'Hist. nat. 5. Ser. 2: 245 - 276.
- MARSCHNER, H. (1987) - Zusammenfassung und Bewertung des Themenbereiches: Wurzel/Boden und Rhizosphäre. In: (STÜTTGEN E. ed. 1987) - Statusseminar zum BMFT-Fördererschwerpunkt: Ursachenforschung zu Waldschäden; Tagungsbericht; Spezielle Berichte der Kernforschungsanlage Jülich - Nr. 413: 349, 350.

- MARX, D.H. (1972) Ectomycorrhizae as biological deterrents to pathogenic root infections. In: Hacskeylo, E.(ed): Mycorrhizae, Washington D.C., pp.81 - 96.
- , W.C.BRYAN & C.E.CORDELL (1977) Survival and growth of pine seedlings with *Pisolithus tinctorius* Ectomycorrhizae after two years on forestation sites in North Carolina and Florida. Forest Science 23(3): 363 - 373.
 - (1980) Role of mycorrhizae in forestation of surface mines. Proc. symp. Trees for reclamation interstate mining, Lexington, Kentucky (fd. HARLEY & SMITH 1983 S. 402).
- MEIXNER, B. & A. BRESINSKY (1988) Cytofluorometric determination of relative DNA content in nuclei of Coniophoraceae (Boletales), using DAPI. Tr. Br. Myc. Soc. Vol.90(2), 1988: 175 - 180.
- MELIN, E. (1923) - Experimentielle Untersuchungen über die Konstitution und Ökologie der Mykorrhizen von *Pinus sylvestris* L. und *Picea abies* (L.) Karst. Mykolog. Untersuchungen und Berichte (ed. R.Falck) 2: 73 - 331.
- (1925) Untersuchungen über die Bedeutung der Baummykorrhiza. Jena, Verlag Gustav Fischer 1925.
 - (1927) - Studier över Barrträdsplantans utveckling i Rohumus (Studien über die Entwicklung der Nadelbäume im Rohhumus) .Medd. Stat. Skogsförsöhanstalt 2 -3: 433 - 494.
 - (1948) Recent advances in the study of tree ectomycorrhizae. Trans. Br. mycol. Soc.30: 92 - 99.
- MEYER, F.H. (1973) Distribution of ectomycorrhizae in native and man-made forests. In: Marks G.C. & T.T. Kozlowski - Ectomycorrhizae. Their ecology and physiology. Academic Press, New York and London.
- (1984) Mykologische Beobachtungen zum Baumsterben. AFZ. 9/10: 212 - 228.
 - (1986) Das Waldsterben aus ökologischer Sicht. Automobil-Industrie 4/86; Umweltschutz: 473 - 483.
- MEJSTRIK, B.K.(1980) Ectomycorrhizas in *Picea abies* (L.) Karsten from a heavily polluted SO₂-area. Czechoslov. Acad, Praha: 171 - 178.
- MIKOLA, P. (1948) On the physiology and the ecology of *Cenococcum graniforme*. Inst. Forest. Fenn. Commun.36 (3): 1 - 104.
- (1965) - Studies on the Ectendotrophic mycorrhiza of pine. in: Acta Forest. Fenn.79: 1 - 56.
 - (1969) - Afforestation of treeless areas. Unasylva 23 (1): 35 - 48.
- MOLINA, R. (1978) Pure culture synthesis and host specificity of red alder mycorrhizae. Can. J. Bot.57: 1223 - 1228.
- (1980) Ectomycorrhizal specificity in the genus *Alnus*. Can. J. Bot. 59: 325 - 334.

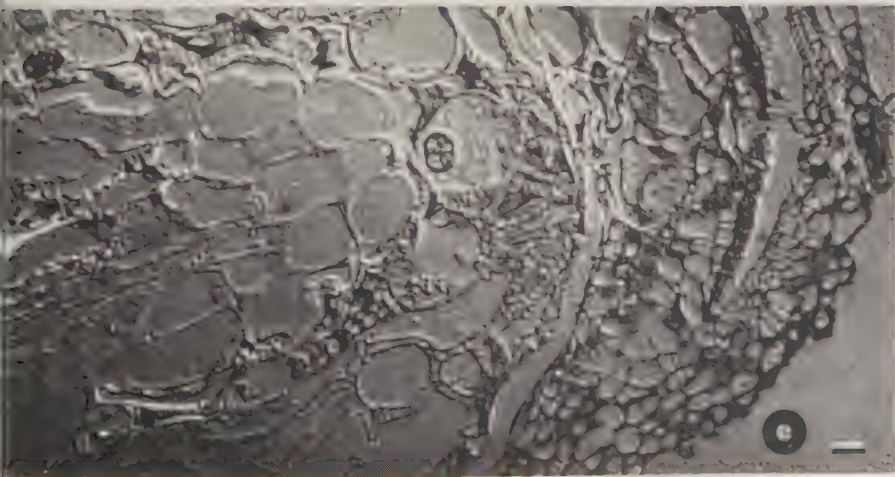
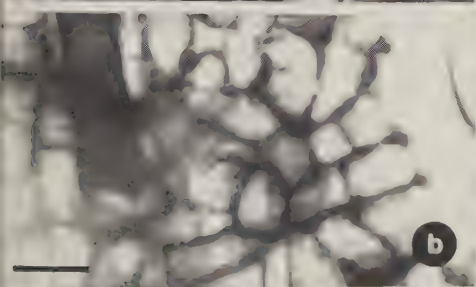
- MORSELT, A.F.W., W.T.M. SMITS & T.LIMONARD (1986) Histochemical demonstration of heavy metal tolerance in ectomycorrhizal fungi. *Plant and Soil* 96: 417 - 420.
- NOAK, F.(1889) - Über mykorrhizabildende Pilze. *Bot. Zeit.* 47: 389 - 397.
- NYLUND, J.E. (1980) - Symplastic continuity during Hartig net formation in Norway spruce (*Picea abies*) ectomycorrhizae. *New. Phytol.* 86 (4): 373 -378.
- NYLUND, J.E. & T.UNESTAM(1982) Structure and physiology of ectomycorrhizae. *New. Phytol.* 91: 63 -79.
- OGAWA, M. (1981) Ecological characters of ectomycorrhizal fungi and their mycorrhizae. IUFRO World congress XVII: 89 - 95.
- PACHLEWSKI, R. & J. PACHLEWSKA (1965) Untersuchungen über die Mykorrhiza an *Picea excelsa* (Lum.) l.k. und *Carpinus betulus* L. in natürlichen Waldgebieten des Białowieża-Nationalparks. *Prace Inst. Badaw. Lesn.* 280 - 283: 3 - 53.
- (1974) Studies on symbiotic properties of mycorrhizal fungi on pine (*Pinus sylvestris* L.) with the aid of the method of mycorrhizal synthesis in pure cultures on agar. *Forest. Res. Inst. Warschau.*
- PEYRONEL, B. (1934) Il sapore e alcune reazioni microchimiche delle micorrize ectotrofiche prodotto da *Russule* e *Lattarii*. *N. Giorn. Bot. Ital., n.s.* XLI (4): 744 - 746.
- PICHE, Y., FORTIN, J.A. & J.G.LAFONTAINE (1981) Cytoplasmic phenols and polysaccharides in ectomycorrhizal and non mycorrhizal short roots of pine. *New. Phytol.* 88: 695 - 703.
- READ, D. & R.D. Finlay (1985) Mycorrhizas and inter-plant transfer of nutrients I. Ectomycorrhizas *Proc. NACOM* 6th:319.
- REICH, P.W., A.W. SCHOETTLE, H.F. STROO, J. TROIANO & P.G. AMUNDSON.(1985) - Effects of ozone, sulfur dioxide and acidic rain on mycorrhizae infection in northern red oak (*Quercus rubra*) seedlings. *Can.J. Bot.* 63 (11): 2049 - 2055.
- ROMAGNESI, H. (1967) Les *Russules* d'Europe et d'Afrique du Nord. *Bordas.* (fd. Agerer 1986a)
- SCHÖNBECK, F. & F.H.MEYER (1987) - Zusammenhänge zwischen Schädigungen des Feinwurzelsystems einschl. der Mykorrhiza und dem Auftreten neuartiger Waldschäden. In: (STÜTTGEN E. ed.1987) - Statusseminar zum BMFT-Förderschwerpunkt: Ursachenforschung zu Waldschäden; Tagungsbericht; Spezielle Berichte der Kernforschungsanlage Jülich - Nr.413: 316 - 319.
- SCHÜTT, P., BLASCHKE, H., HOQUE, E., KOCH, W., LANG, K.J., SCHUCK, H.J. (1983) - Erste Ergebnisse einer botanischen Inventur des "Fichtensterbens". *Forstwiss. Chl.* 158 - 166.

- SCHÜTT, P., KOCH, W., BLASCHKE, H., LANG, K.J., SCHUCK, H.J. & H. SUMMERER (1983) - So stirbt der Wald; BLV-Verlagsgesellschaft München, Wien, Zürich
- STONE, E.L. (1950) Some effects of mycorrhizae on the nutrition of Monterey pine seedlings. Proc. soil. Soz. Ann. 14: 340 - 345.
- STÜTTGEN E. ed. (1987) - Statusseminar zum BMFT-Förderschwerpunkt: Ursachenforschung zu Waldschäden; Tagungsbericht; Spezielle Berichte der Kernforschungsanlage Jülich - Nr. 413.
- STRULLU, D.G. (1975) - Ultrastructure des mycorrhizes: Characterisation des principaux types. In: Annales de Phytopathologie 7: 339 - 340.
- STRULLU (1976) Contribution a l'etude ultrastructurale des ectomycorrhizes a basidiomycetes de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.). Soc. Bot. de France 123: 5 - 16; Planche I - IV.
- TOZZI, M., CERUTI SCURTI, J. & G. BERTA (1980) - Recherche preliminaire tra *Boletus edulis* e *Quercus pubescens*. Allionia 24: 5 - 11
- TRAPPE, J.M. (1962) Cenococcum graniforme - its distribution, ecology, mycorrhizal formation and inherent variation. Ph. D. Thesis, Univ. of Washington, Seattle.
- (1964) - Mycorrhizal hosts and distribution of Cenococcum graniforme. Lloydia 27: 100 - 106.
 - (1967) - Principles of classifying ectotrophic mycorrhizae for identification of fungal symbionts. In: Proc. Int. Union Forest. Res. Organiz., 15th, 24: 46 - 59.
 - (1971) Mycorrhiza-forming Ascomycetes. HacsKaylo, E. (ed.) - Mycorrhizae, Misc. public, 1189 US. Dep. agric. For. Serv. 19 - 37.
 - & S.M. BERCH (1985) - The prehistory of mycorrhizae: A.B. Frank's predecessors. Proc. NACOM 6: 2 - 11.
- UHL, M. & R. AGERER (1987) - Studies on Ectomycorrhizae XI. - Mycorrhizae formed by *Dermocybe crocea* on *Pinus sylvestris* and *Dermocybe palustris* on *Pinus mugo*. Nova Hedwigia 45(3 - 4): 509 - 527.
- VOIRY, H. (1981) Classification morphologique des ectomycorrhizes du chene et du hetre dans le nord-est de la France. Eur. J. For. Path. 11: 284 - 299.
- WEIS, M. & R. AGERER (1988) - Studien an Ektomykorrhizen XII. - Drei nichtidentifizierte Mykorrhizen an *Picea abies* (L.) Karst. aus einer Baumschule. Eur. J. For. Pathol. (im Druck).
- WERNER, J. (1984) Ein neues Kunststoff-Einbettmedium für die Lichtmikroskopie: das Glycol-Methacrylat LKB-HistoResin. mta praxis 30 (10): 675 - 679.

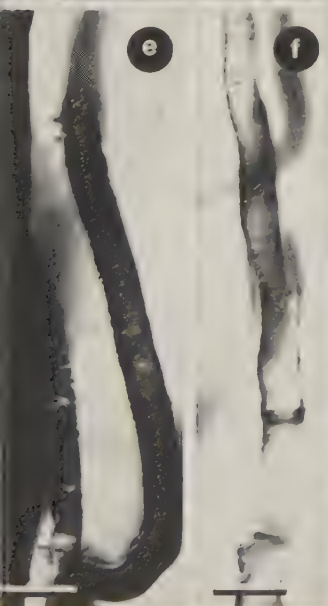
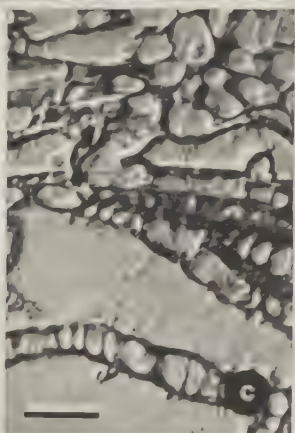
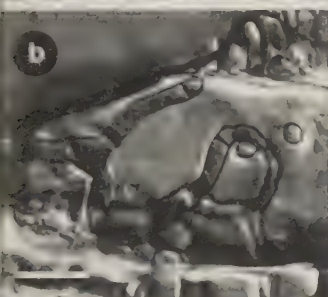
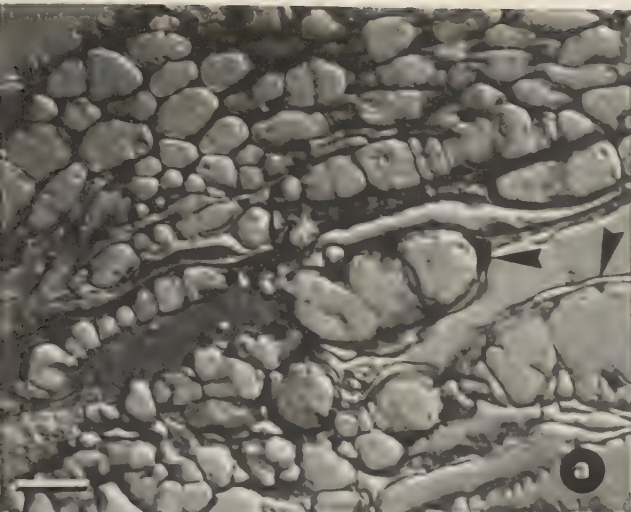
- ZAK, B. (1969) - Characterization and classification of mycorrhizae of Douglas fir I. *Pseudotsuga menziesii* + *Poria terrestris* (blue and orange staining strains). Can. J. Bot. 47: 1833 - 1840.
- ZAK, B. (1973) - Classification of ectomycorrhizae. In: Marks, G.C. & Kozlowski T.T. (Ed.) Ectomycorrhizae - Their ecology and physiology. Acad. Press New York and London 1973: 43 - 78.
- ZOPF, W. (1881) "Zur Entwicklungsgeschichte der Ascomyeten: *Chaetomium*," Nova Acta Acad.Caes. Leop.- Carol., Bd. XLII, 1881, p.243, (fd. BULLER, A.H.R. 1933).

VIII. Fototafeln 1 - 37

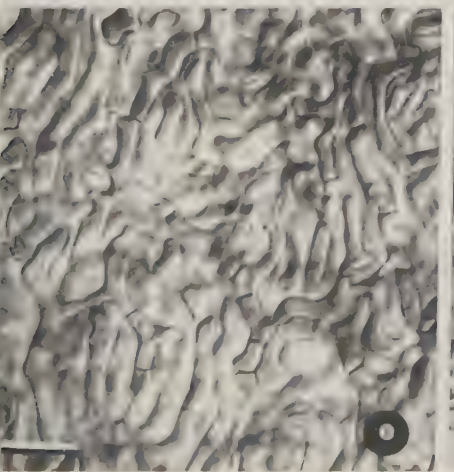
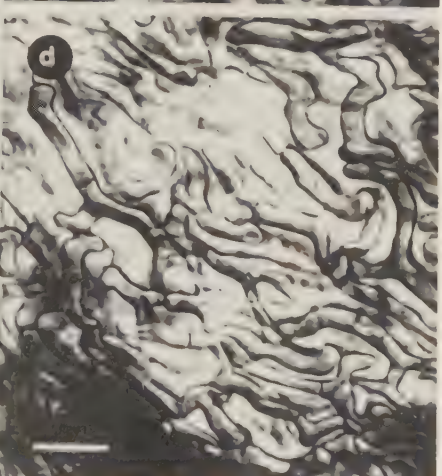
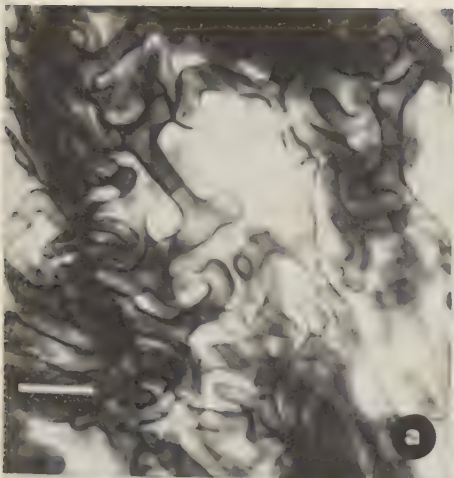
Taf.1 - Cenococcum geophilum - (a) Mantelaufsicht: Plectenchym mit verdickten braunen Hyphenwänden; (b) Aufsicht auf Mykorrhizenspitze mit abziehender Hyphe; (c) innerste Zellschicht mit hyalinen, dünnwandigen Hyphen; (d) Tangentialschnitt durch äußere Mantelschichten; (e) Längsschnitt median durch die Mykorrhizenspitze; Alle Abbildungen von A1, 27.8.86; Meßstrich = 10 μ m.



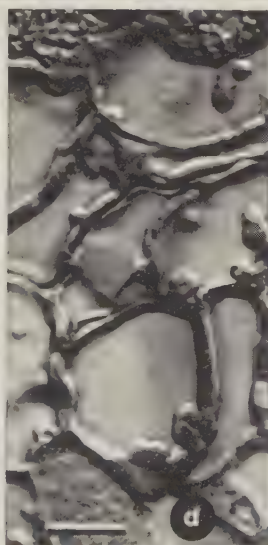
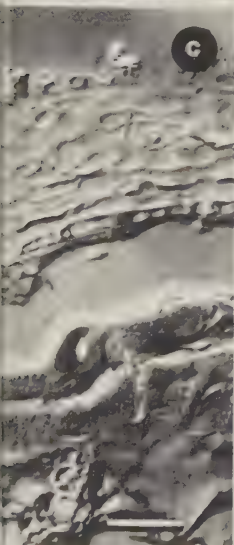
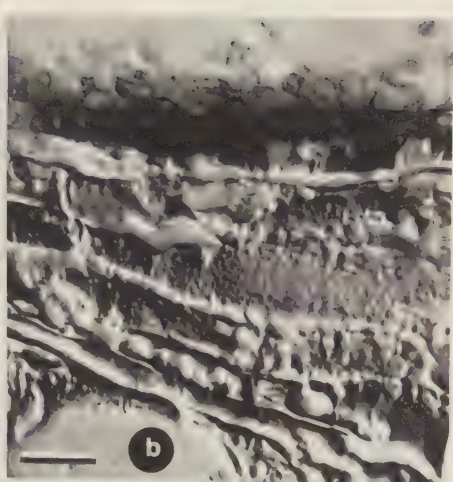
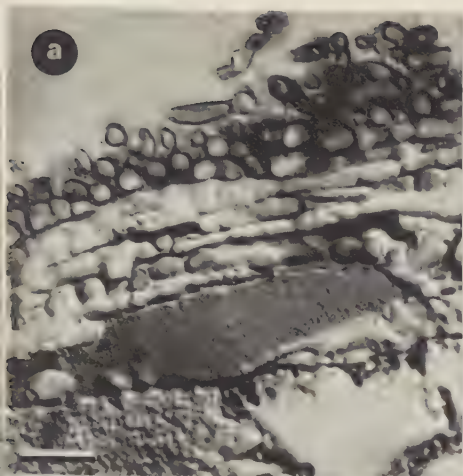
Taf.2 - Cenococcum geophilum - (a, b und c) Längsschnitte median; (a) äußere Mantelschichten mit dickeren Zellwänden; Hyphen des Hartigschen Netzes um Tanninzellen mit relativ großem Durchmesser (s. Pfeile); (b) intrazelluläre Hyphen in Rindenzellen; (c) Hartigsches Netz um Rindenzellen; (d - i) abziehende Hyphen; (d) unregelmäßig ausgebuchtete Hyphe mit apikal auswachsender, hyaliner, glatter Hyphe (s. Pfeil); (e) blasig-warzige Hyphenwände; (f) fast hyaline Hyphe; (g) gabelig verzweigte, regelmäßig septierte Hyphe (s. Pfeile); (h) dickwandige, braune Hyphe mit seitlich auswachsender, dünner, hyaliner Hyphe (s. Pfeil); (i) Hyphen verschiedenen Durchmessers; Alle Abbildungen von A1, 27.8.86; Meßstrich = 10 μ m.



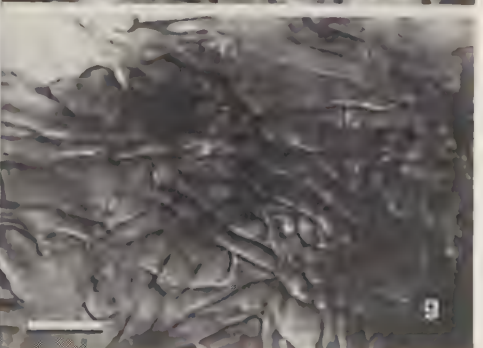
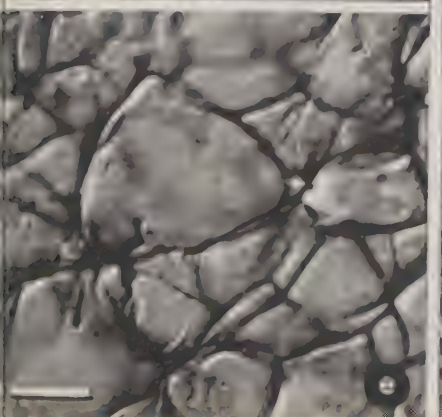
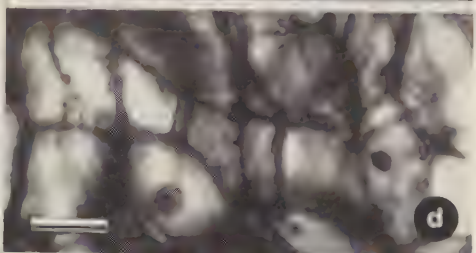
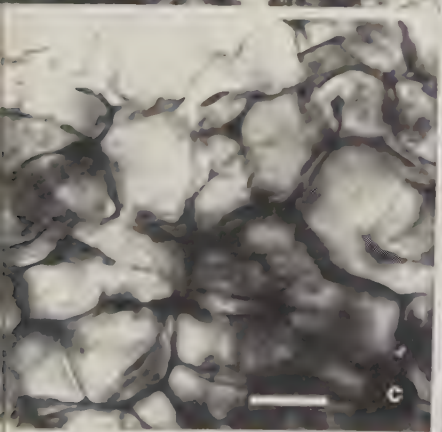
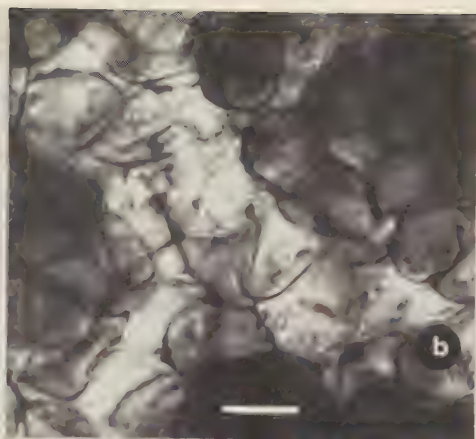
Taf.3 - Piceirhiza bicolorata - (a, b, und c) Mantelaufsicht und (d,e) Mantelinnenansicht: Plectenchyme mit ausgebuchteten, verzweigten und anastomosierenden Hyphen, Wände z.T. braun, z.T. hyalin; (e) Wände hyalin und Matrix teilweise gelatinös; (f) Hartigsches Netz auf Tanninzellen (Mantelunterseite). Alle Abbildungen von C1, 27.8.86; Meßstrich = 10 μ m.



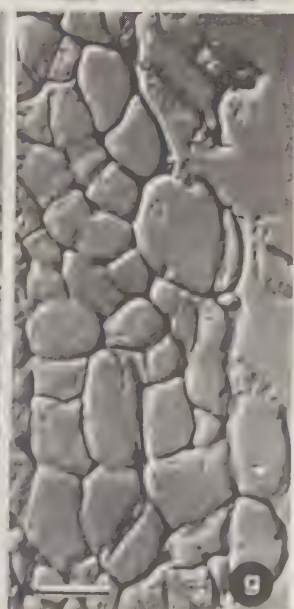
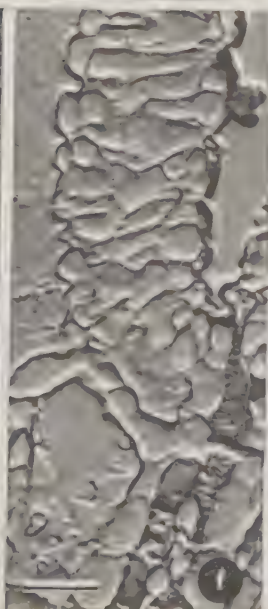
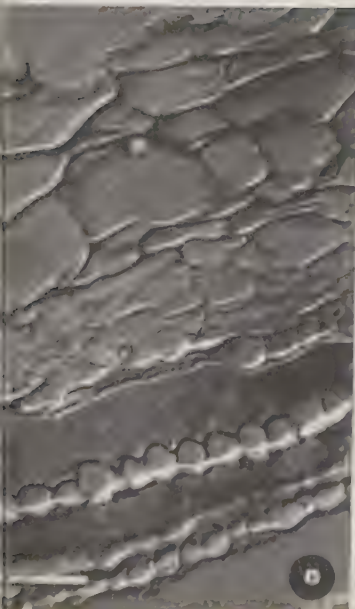
Taf.4 - Piceirhiza bicolorata - (a, b, c und d) Längs-schnitte median; (a) bräunlich gefärbte Hyphen in äußeren Mantelschichten und (b) in tieferliegenden Zellschichten, (c) Mykorrhizenspitze, Hyphen hyalin und Matrix gelatinös, (d) Rindenzellen im Bereich der Mykorrhizenspitze, mit Tannineinlagerungen; (e - j) abziehende Hyphen; (e) mit apikal auswachsender, glatter, hyaliner Hyphe; (f) Anastomose ohne Septum (s.Pfeil), Hyphenwände mit feinen Warzen; (g) verzweigte, hyaline Hyphenspitze; (h) fast hyaline Hyphe mit warzigen Auflagerungen; (i) Anastomose; (j) parallel verlaufende Hyphen, durch Anastomosen verbunden (s. Pfeil). Alle Abbildungen von C1, 27.8.86; Meßstrich = 10 µm.



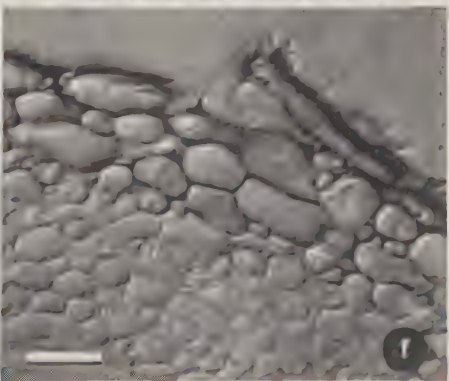
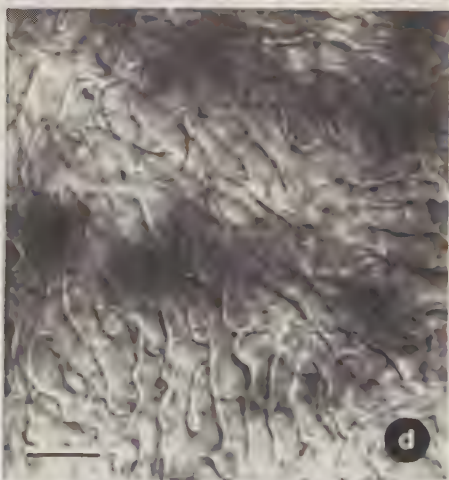
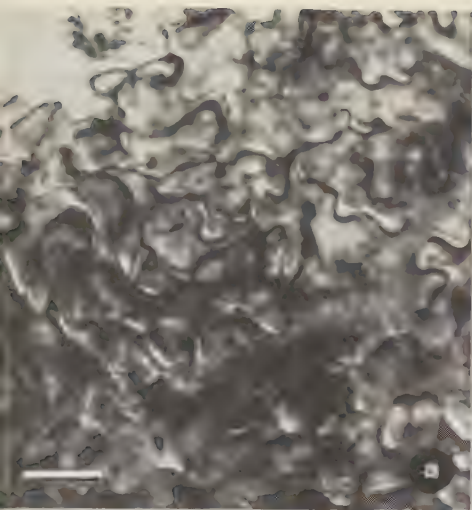
Taf.5 - Piceirhiza nigra - (a und b) Mantelaufsicht mit Anhäufungen runder Zellen; (c) Mantelaufsicht ohne Zellanhäufungen, Pseudoparenchym mit angulären Zellen; (d) Kerne in Manteloberflächenzellen mit Karminessigsäure angefärbt; (e) Tangentialschnitt durch äußere Mantelschichten; (f, g) Mantelinnenansichten, plectenchymatisch; Alle Abbildungen von B1, 11.7.85; Meßstrich = 10 μ m.



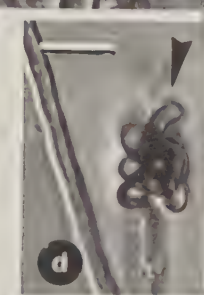
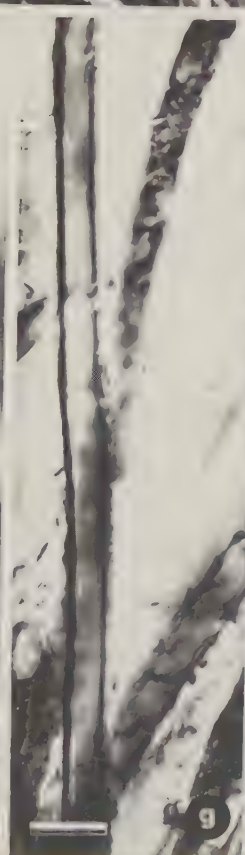
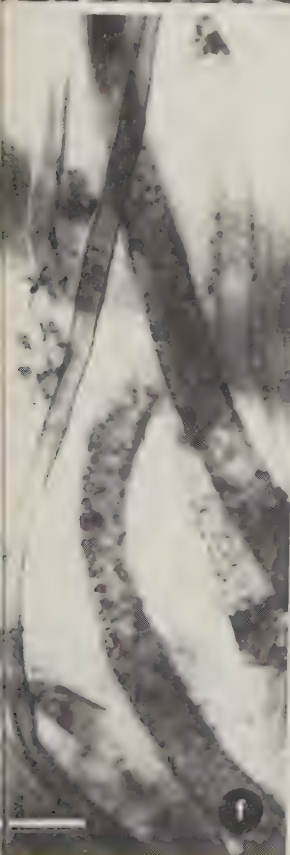
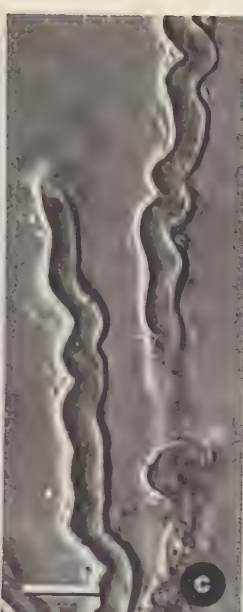
Taf.6 - Piceirhiza nigra - (a, b und c) Abziehende Hypphen dickwandig, braun und dünnwandig, hyalin, mit einfachen Septen und Schnallen; (d) aus dickwandiger Hyphe seitlich auswachsende, intrahyphale Hyphe; (e, f, g) Längsschnitt median; (e) Hartigsches Netz um Tannin- und Rindenzellen; (f) Hartigsches Netz auf Rindenzelle; (g) Mantel mit Anhäufungen runder Zellen; Alle Abbildungen von B1, 11.7.85; Meßstrich = 10 μ m.



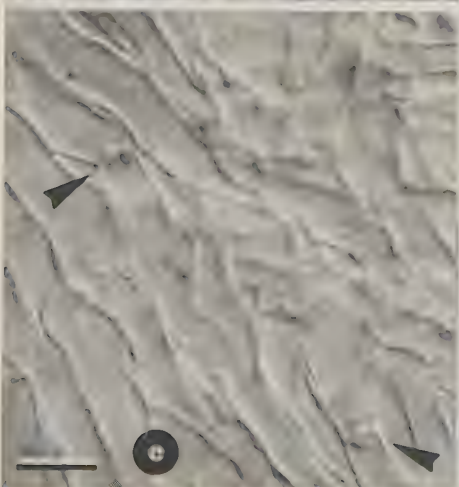
Taf.7 - Piceirhiza obscura - (a) Mantelaufsicht mit runden, dunklen Flecken, Zellen epidermoid; (b) Tangentialschnitt durch äußere Mantelschichten; (c) Kerne der Manteloberflächenzellen, mit Karminessigsäure angefärbt; (d) Mantelinnenansicht, plectenchymatisch; (e und f) Längsschnitte, median; (e) mit Anhäufungen kollabierter Zellen auf Manteloberfläche, Zellen der äußeren Mantelschichten mit verdickten Wänden; Hartigsches Netz um Tanninzellen einreihig; (f) Mykorrhizenspitze, Zellen mit geringerer Wandstärke; Alle Abbildungen von B2, 22.4.85; Meßstrich = 10 μ m.



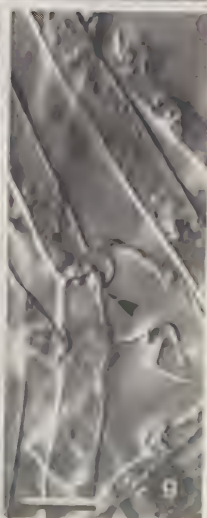
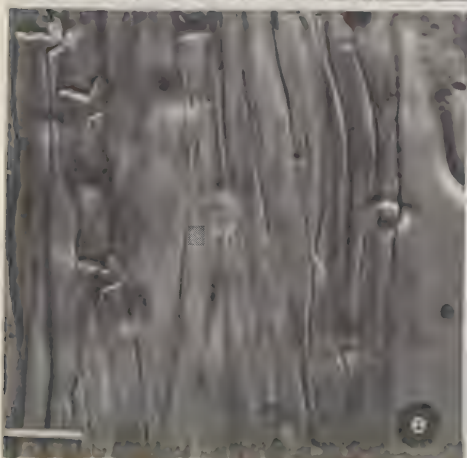
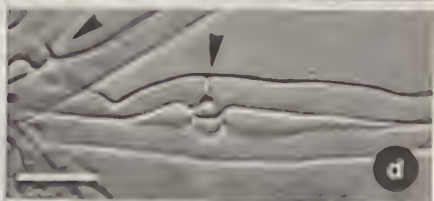
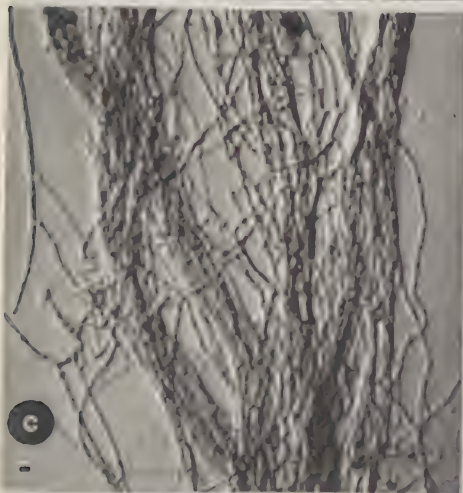
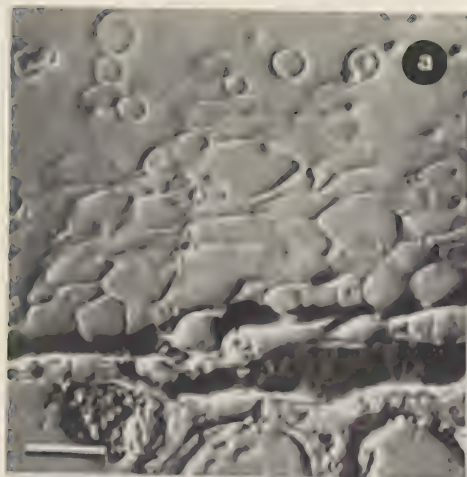
Taf.8 - Piceirhiza obscura - (a, b und h) Längsschnitte; (a) Cystide mit Basalzelle; (b - g) abziehende Hyphen; (b) mit Basalzelle; (c) gewundene, relativ dünnwandige Hyphenenden; (d) stark gewundene Hyphenspitze (s. Pfeil); (e) Kerne, angefärbt mit Karminessigsäure; (f und g) Hyphen verschiedenen Durchmessers, mit dunklen, kristalloiden Auflagerungen; (h) Hartigsches Netz auf Rindenzelle; Alle Abbildungen von B2, 22.4.85; Meßstrich = 10 μm .



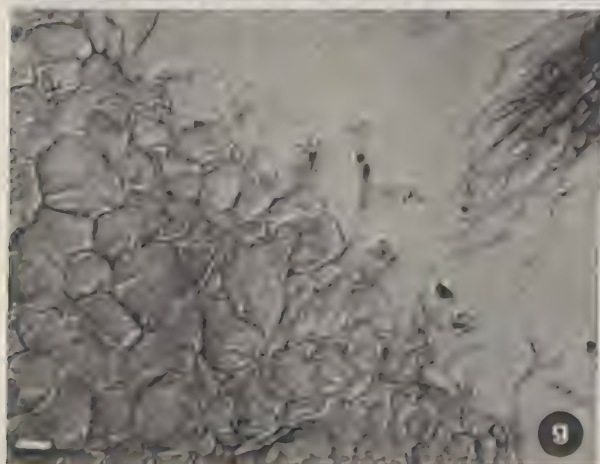
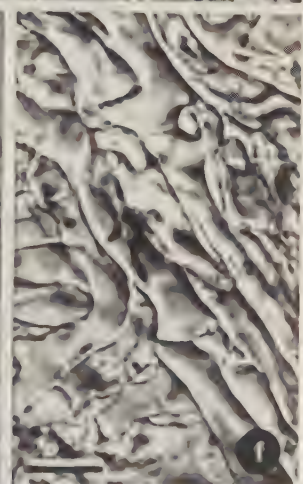
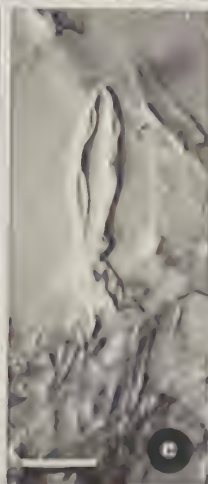
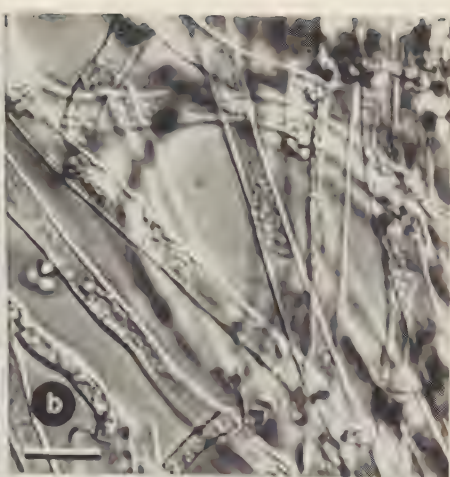
Taf.9 - Cortinarius obtusus - (a, b und c) Manteloberfläche mit unterschiedlich dichtem Plectenchym; (d und e) Mantelinnenansichten, dicht plectenchymatisch; (e) mit doliporusähnlichen Strukturen (s. Pfeile); (f) Manteloberfläche der Mykorrhizenspitze; (g) abziehende Hyphen mit Schnallen; Alle Abbildungen von A1, 19.6.86; Meßstrich = 10 μ m.



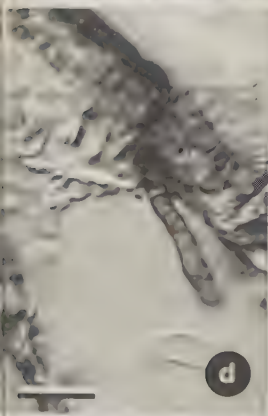
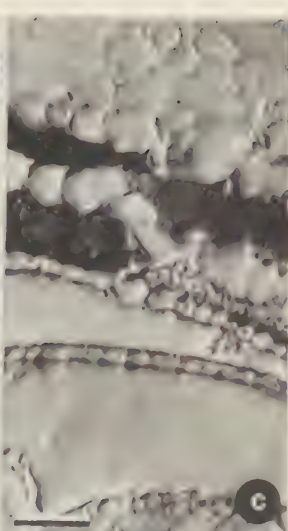
Taf.10 - Cortinarius obtusus - (a) Querschnitt; (b) Längsschnitt, Hartigsches Netz auf Rindenzelle; (c) Rhizomorphe, Habitus; (d) abziehende Hyphe mit Kontaktschnalle (s. Pfeil); (e) Rhizomorphe; (f und g) abziehende Hyphen mit doliporusähnlichen Strukturen (s. Pfeile); Alle Abbildungen von A1, 19.6.86; Meßstrich = 10 μ m.



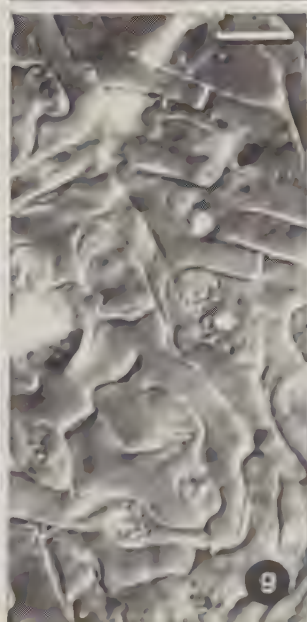
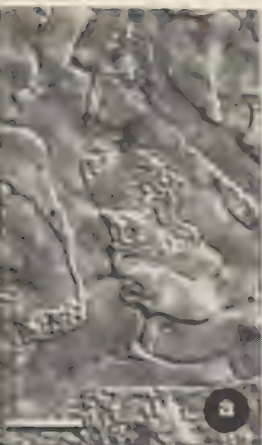
Taf.11 - Paxillus involutus - (a und b) Mantelaufsicht, plectenchymatisch; (a) Hyphen mit doliporusähnlichen Strukturen und Anastomosen (s. Pfeile); (b) Übergang zu abziehenden Hyphen; (c und d) abziehende Hyphen; (c) mit Anastomose; (d) Hyphenende kollabiert; (e) Cystide; (f) Mantelinnenansicht; (g) Schnitt durch Sklerotium und abziehende Rhizomorphe; (h) Kernpaare in Mantelhyphen, mit Karminessigsäure angefärbt (s. Pfeil); Alle Abbildungen von A1, 1.4.86; Meßstrich = 10 μ m.



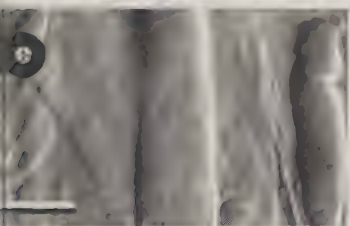
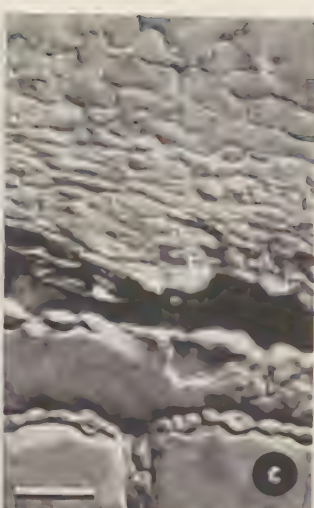
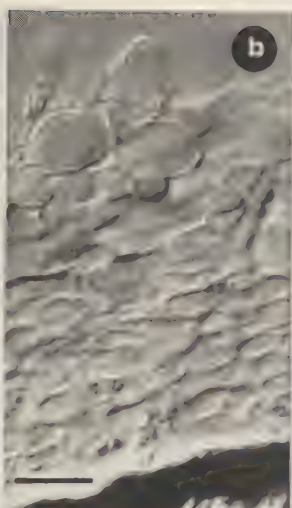
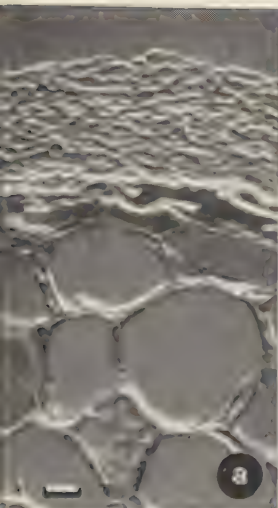
Taf.12 - Paxillus involutus - (a - d) Längsschnitte, median; (a) Mantel mit aufliegender, undifferenzierter Rhizomorphe; (b) Mantelaußenseite mit aufgeblähten Hyphen; (c) Hartigsches Netz um Tannin- und Rindenzellen; (d) intrazelluläre Fremdhyphe in Rindenzelle; (e - h) Rhizomorphen; (e) Zentralhyphe von kollabierten Hyphen umgeben (optischer Schnitt); (f) optischer Schnitt und (g) Aufsicht auf dieselbe Rhizomorphe; (h) zwei Zentralhyphen nebeneinander, eine mit ockerbraunem Inhalt; Septum der hyalinen Zentralhyphe in Auflösungsstadium (s. Pfeil); Abbildung (f, g und h) von RA 10968, alle anderen von A1, 1.4.86; Meßstrich = 10 μ m.



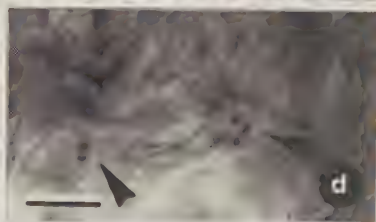
Taf.13 - Boletus edulis - (a - e) Mantelaufsicht; (a) einzelne Hyphen der Manteloberfläche, Zwischenräume mit Bakterien angefüllt; (b und c) ca. 5 μ m darunter, dichtes Plectenchym; (d) blasig angeschwollene Hyphe der Manteloberfläche (s. Pfeil); (e) Hyphen mit Anastomosen und doliporusähnlichen Strukturen (s. Pfeil); (f und g) Mantelinnenansichten, (f) dicht plectenchymatisch, (g) locker plectenchymatisch; (h) Septen und Kerne (s. Pfeil) der Manteloberfläche, mit Karminessigsäure angefärbt; Alle Abbildungen von EG 3.8.85; Meßstrich = 10 μ m.



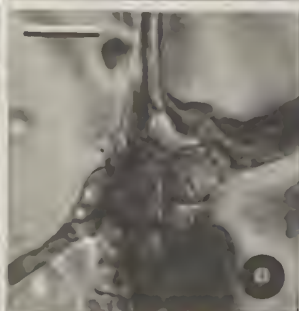
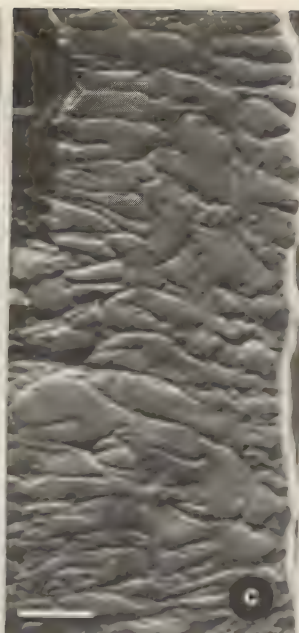
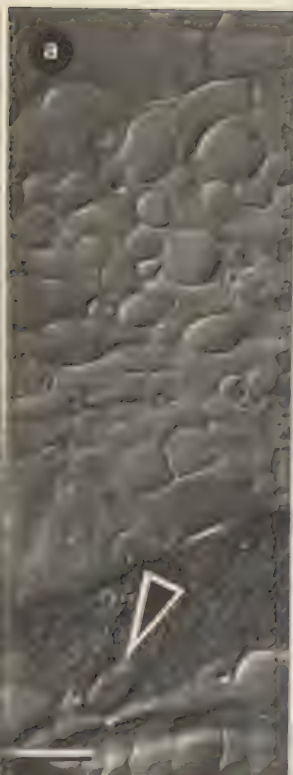
Taf.14 - Boletus edulis - (a) Querschnitt; (b und c) Längsschnitt; (b) Mantelaußenschicht mit blasig vergrößerten Hyphen; (c) Mantel ohne vergrößerte Zellen; Hartiges Netz um Rindenzellen; (d, f, g und h) Rhizomorphen; (d) mit stark lichtbrechender Zentralhyphe (s. Pfeil); (e) stark lichtbrechende, bräunliche Hyphe im Plectenchym des Fruchtkörpers und (f) in der Rhizomorphe der Mykorrhiza; (g) Hyphen z.T. am Rand blasig vergrößert, Septen verdickt (Plasmareste?, s. Pfeil); (h) typische Verzweigung einer Rhizomorphe; Alle Abbildungen von EG 3.8.85; Maßstrich = 10 μ m.



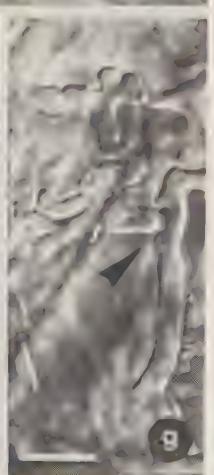
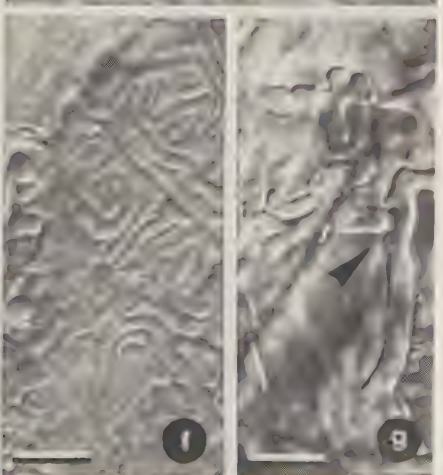
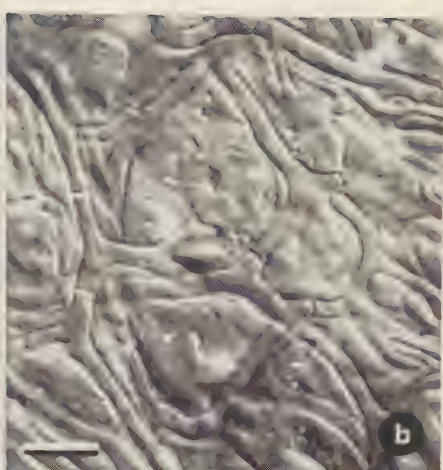
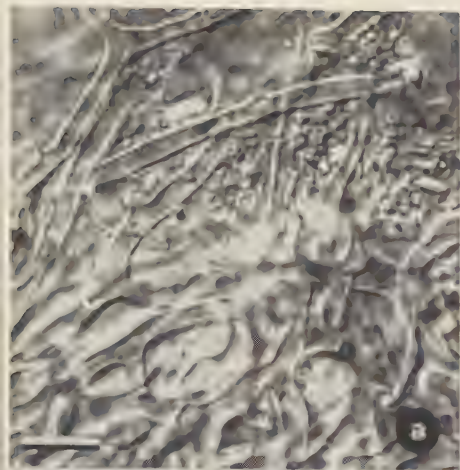
Taf.15 - Xerocomus badius - (a) Mantelaufsicht, locker plectenchymatisch; (b und c) Mantelinnenansichten, dicht plectenchymatisch, (c) mit doliporusähnlichen Strukturen (s. Pfeil); (d) Kernpaare (s. Pfeile) der Manteloberfläche, mit Karminessigsäure angefärbt; (e) Rhizomorphe (Habitus) mit verzweigter, dunkel gefärbter Zentralhyphe; (f) Querschnitt, Mantel und Hartigsches Netz um Tannin- und Rindenzellen; Alle Abbildungen von C1, 21.4.86; Meßstrich = 10 μ m.



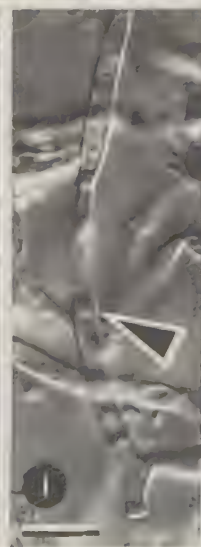
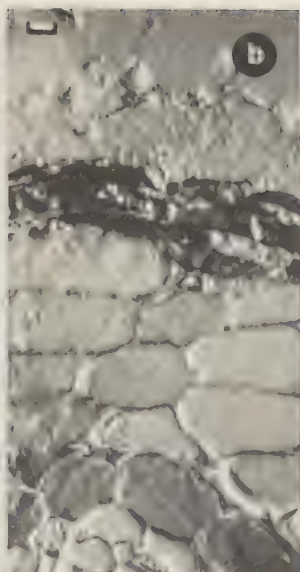
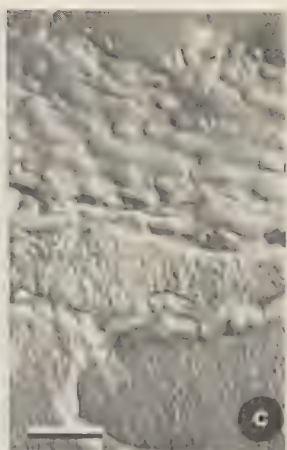
Taf.16 - Xerocomus badius - (a, b und c) Längsschnitte median, von Mykorrhizen verschiedener Aufsammlungen; (a und b) Mantelhyphen mit verschiedenen Durchmessern, Hyphen des Hartigschen Netzes um Tanninzellen vergrößert; (a) Tanninzellen von Hyphen durchwachsen (s. Pfeil); (c) Hartigsches Netz auf Rindenzelle; (d - g) Rhizomorphen; (d) Ausschnitt, Aufsicht; (e) Verzweigungsstelle einer jüngeren Rhizomorphe; (f) Rhizomorphe mit geringem Durchmesser, Aufsicht; (g) optischer Schnitt, großlumige, septierte Zentralhyphe. Abbildung (b und c) von A1, 1.4.86, alle anderen Abbildungen von C1, 21.4.86; Maßstrich = 10 μ m.



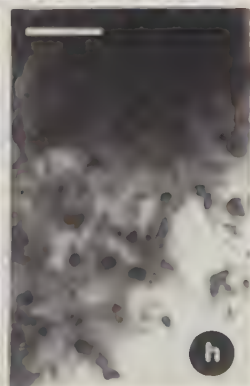
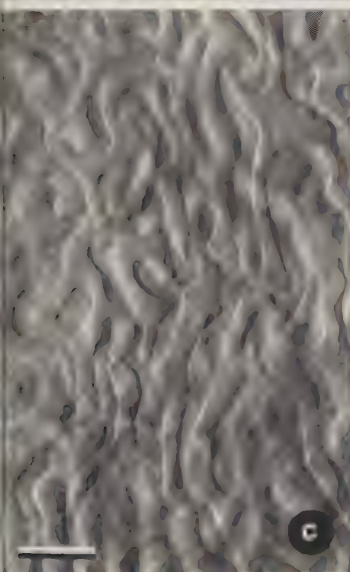
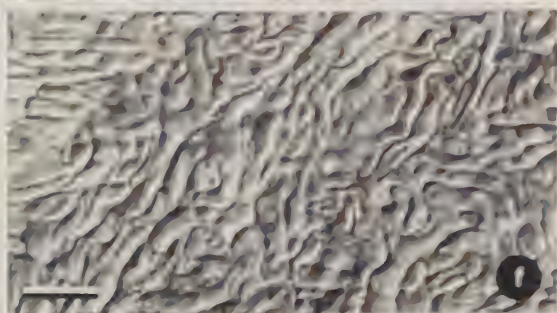
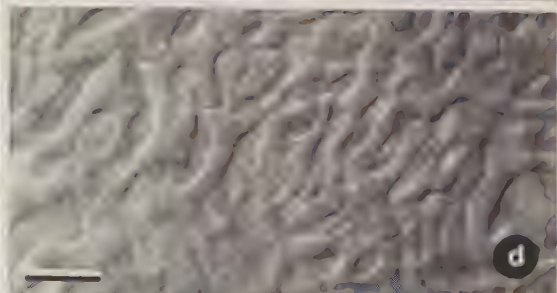
Taf.17 - Piceirhiza glutinosa - (a und b) äußerste Mantelschicht: lockeres Plectenchym, Zwischenräume mit Bodenpartikeln angefüllt; (a) Übergang der Mantelhyphen in abziehende Hyphen; (c und d) darunterliegende Schichten und (e) innerste Mantelschicht: plectenchymatisch mit verzweigten, ananomosierenden und z.T. ausgebuchteten Hyphen, Matrix gelatinös; (f) Hartigsches Netz auf Tanninzelle (Mantelunterseite); (g) einzelne Hyphe (s. Pfeil) des Hartigschen Netzes auf Tanninzelle (Mantelinnenseite); Alle Abbildungen von A1, 15.7.86; Meßstrich = 10 μ m.



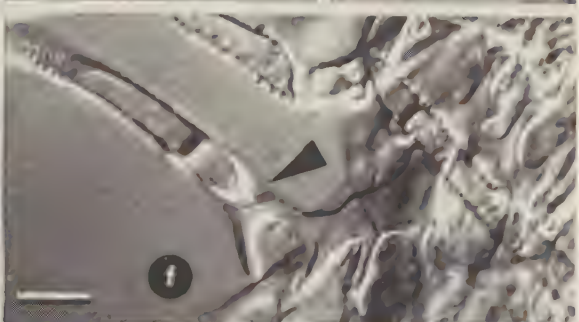
Taf.18 - Piceirhiza glutinosa - (a) Längsschnitt median, Tanninzellen von Hyphen durchwachsen (s. Pfeil); (b) Querschnitt, 2 -3 Reihen Tanninzellen, insgesamt 6 Reihen Rindenzellen (incl. Tanninzellen), Mantelaußenseite mit anhaftenden Bodenpartikeln; (c) Längsschnitt, Mantelhyphen in gelatinöser Matrix; (d) Kerne im Hyphenmantel, mit Karminessigsäure angefärbt; (e) einzelne Kerne in den abziehenden Hyphen, mit KES angefärbt; (f - j) abziehende Hyphen; (f und g) mit anhaftenden Bodenpartikeln und und hakenartigen, seitlichen Auswüchsen (s. Pfeil); (h und j) mit Anastomosen; (i) mit verdickten Septen (Plasmareste?, s. Pfeil); Alle Abbildungen von A1, 15.7.86; Meßstrich = 10 µm.



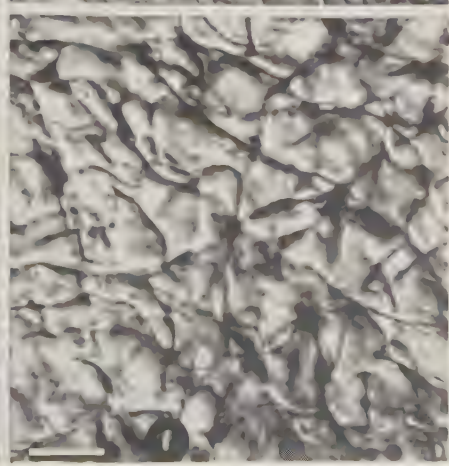
Taf.19 - Piceirhiza guttata - (a,b, c und d) äußerste Mantelschicht: plectenchymatisch mit verzweigten, ausgebucheten, anastomosierenden Hyphen, verschieden angeordnet, Matrix gelatinös; (a) Hyphen gedrunken, anastomosierende Enden knochig verbreitert; (b) Hyphen sternförmig verzweigt; (c) Hyphen dünner, fast parallel, wenig verzweigt; (d) Hyphen dünner, gabelig verzweigt; (e) Aufsicht auf Mykorrhizenspitze: Plectenchym mit gelatinöser Matrix; (f) innerste Mantelschicht, dicht plectenchymatisch; (g) Hartiges Netz auf Tanninzelle; (h) Kerne in der äußeren Mantelschicht, mit Karminessigsäure angefärbt; Alle Abbildungen von A1, 9.10.86; Meßstrich = 10 μ m.



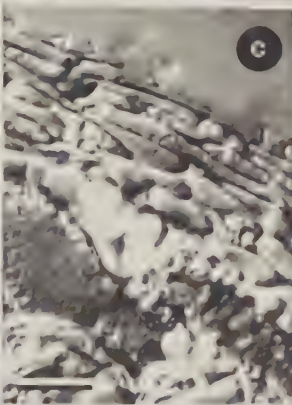
Taf.20 - Piceirhiza guttata - (a und b) Längsschnitte, median; (a) Hyphenmantel und einreihiges Hartigsches Netz zwischen Tannin- und Rindenzelle; (b) mehrreihiges Hartigsches Netz zwischen Tannin- und Rindenzelle; (c) Querschnitt: gelatinöse Matrix des Mantels sichtbar; (d - i) abziehende Hyphen; (d) Kern, mit Karminessigsäure anfärbt; (e und f) aus Manteloberflächenzelle auswachsende Hyphe (Ansatzstelle s. Pfeile); (g) tröpfchenförmige hyaline Wandauflagerungen; (h) Auflagerungen hier relativ groß (s. Pfeil); (i) Hyphe mit intrahyphaler Hyphe; Alle Abbildungen von A1, 9.10.86; Maßstrich = 10 μ m.



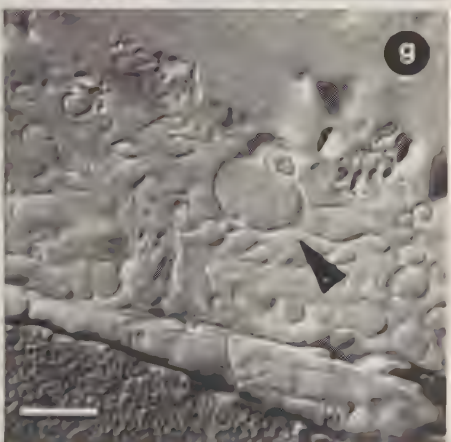
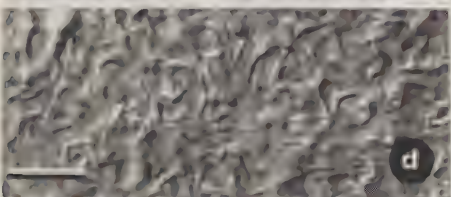
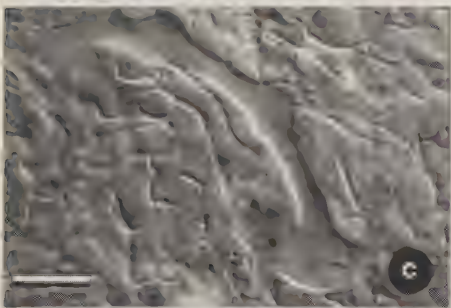
Taf.21 - Dermocybe cinnamomea - (a, b und c) Manteloberfläche; (a) mit abziehenden Hyphen; (b) aus Manteloberfläche abziehende Hyphen, mit bräunlichen, granulären Substanzen (s. Pfeil); (c) bräunliche Ablagerungen zwischen den Hyphen (s. Pfeil); (d) mittlere Mantelschicht mit doliporusähnlichen Strukturen (s. Pfeil); (e) innerste Mantelschicht, dicht plectenchymatisch; (g) Manteloberfläche der Mykorrhizenspitze; Alle Abbildungen von A1, 1.4.86; Maßstrich = 10 μ m.



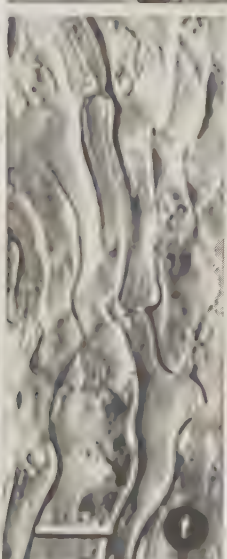
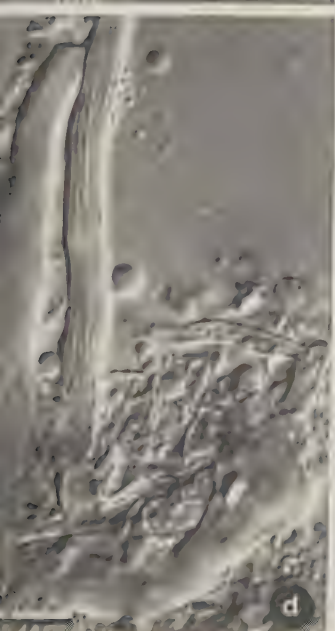
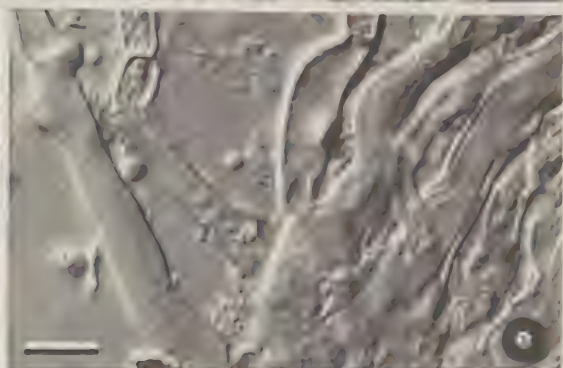
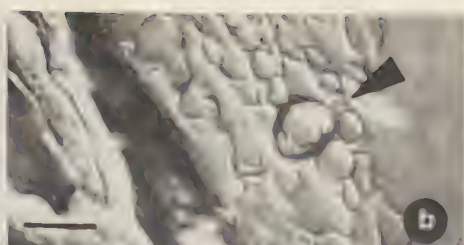
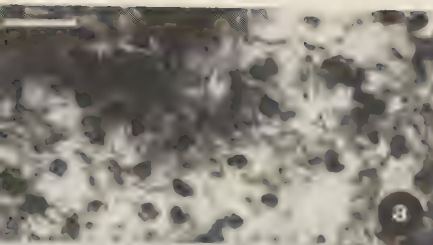
Taf.22 - Dermocybe cinnamomea - (a und c) Querschnitte; (a) mit dickem Hyphenmantel; (c) mit dünnem Hyphenmantel; (b und d) Längsschnitte, median; (b) Hartigsches Netz auf Rindenzelle; (d) Anlagerungen bräunlicher Substanzen in den Hyphenzwischenräumen; (e) Verzweigung abziehender Hyphen; (f und i) Ausschnitt von Rhizomorphen; (g und h) abziehende Hyphen, Anastomosen mit Kontaktschnallen (s. Pfeil); Alle Abbildungen von A1 1.4.86; Meßstrich = 10 μ m.



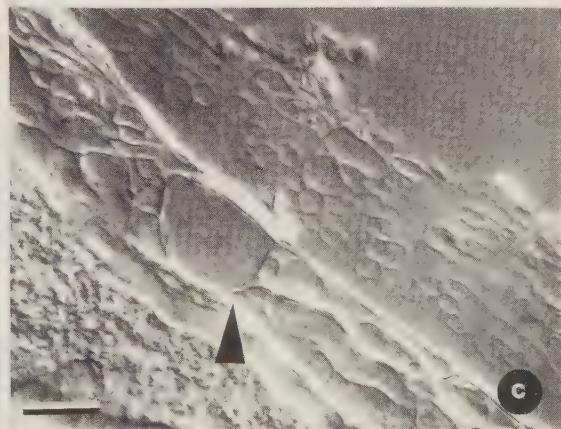
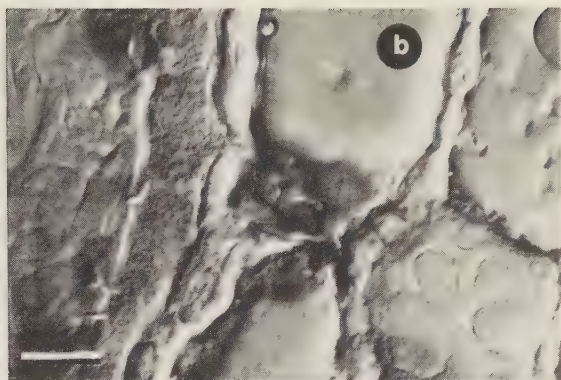
Taf.23 - Piceirhiza conspicua (a, b und c) Mantelaufsicht, dicht plectenchymatisch; (a) mit vereinzelt großlumigen Hyphen; (b) alle Hyphen mit gleichem Durchmesser; (c) mit vergrößerter, stark lichtbrechender Hyphe; (d) Mantelaufsicht der Mykorrhizenspitze; (e) innerste Mantelschicht mit blasig verbreiteter Hyphe (s. Pfeil) und doliporusähnlichen Strukturen; (f) Querschnitt, Mantel mit abziehenden Hyphen; (g) Längsschnitt, Mantel mit einzelnen großlumigen Hyphen (s. Pfeil); (h) Längsschnitt median, Hartigsches Netz auf Rindenzelle, Hyphen stark verzweigt; Alle Abbildungen von B2, 19.6.86; Meßstrich = 10 μ m.



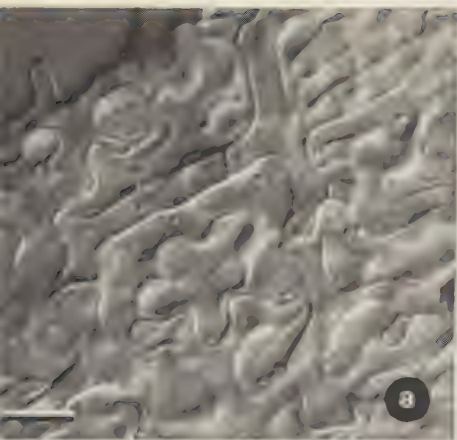
Taf.24 - Piceirhiza conspicua - (a) Kerne der Manteloberfläche, mit Karminessigsäure angefärbt; (b) Querschnitt, Mantel mit dickwandiger, großlumiger Hyphe (s. Pfeil); (c - f) Rhizomorphen; (c) Habitus ; (d, e und f) dickwandige, stark lichtbrechende Hyphen der differenzierten Rhizomorphen, Wände unregelmäßig ausgebuchtet; (g) abziehende Hyphen; (h) dünnwandige, dünne Hyphen der undifferenzierten Rhizomorphen. Alle Abbildungen von B2, 19.6.86; Meßstrich = 10 µm.



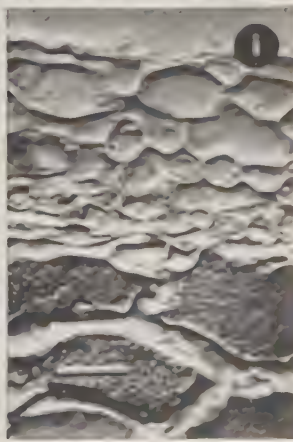
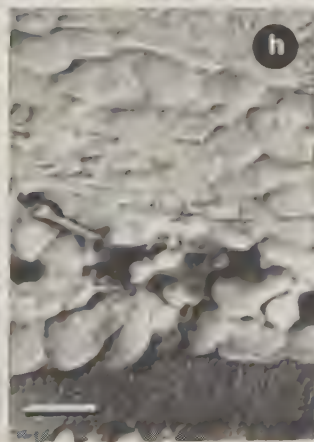
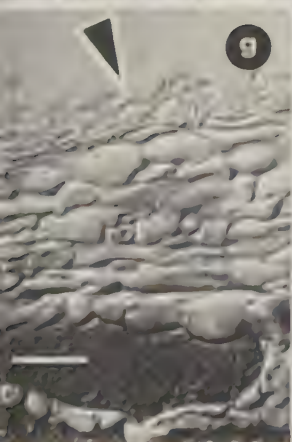
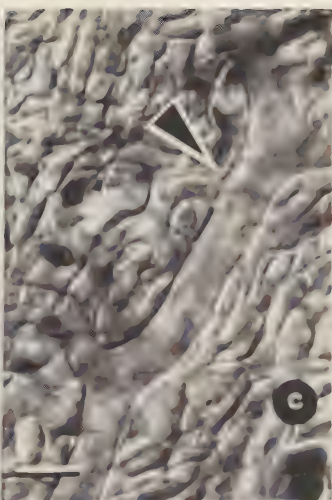
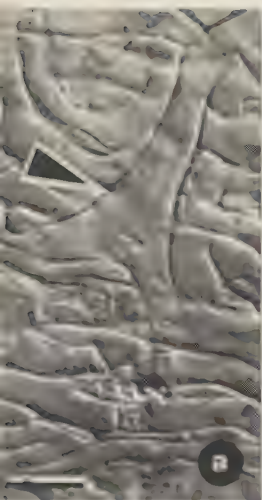
Taf.25 - Piceirhiza conspicua - (a, b, und c) Längsschnitte; (a) Hyphenmantel mehrfach von Wurzelhaubenderivaten (s. Pfeile) durchzogen, Tanninzellen von Hyphen durchwachsen; (b) Rindenzellen von Hyphen durchwachsen; (c) großlumige Zelle (s. Pfeil) in innerster Mantelschicht. Alle Abbildungen von B2, 19.6.86; Meßstrich = 10 μ m.



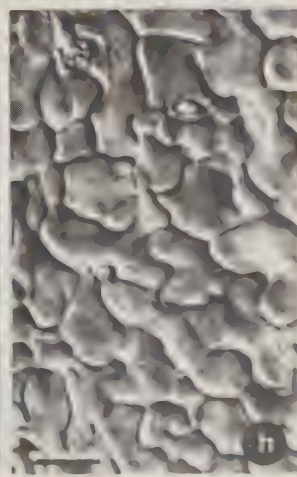
Taf.26 - Piceirhiza rufosimilis - (a - f) Mantelschichten von außen nach innen; (a und b) äußerste Mantelschicht; (a) lockeres Plectenchym aus verzweigten, anastomosierenden Hyphen; (b) Übergang der Hyphen in 2. Mantelschicht; (c) 2.Mantelschicht: pseudoparenchymatisch mit epidermoiden Zellen, z.T. Hyphencharakter erkennbar, Wände mit verdickten, zapfenartigen Vorsprüngen (s. Pfeil); (d) 3. Schicht, Wände dünner; (e) 4. Schicht, unverdickte Wände, Zellen mehr polygonal; (f) 5. Schicht, Übergang Pseudoparenchym/Plectenchym; Alle Abbildungen von B1, 29.10. 86; Maßstrich = 10 μ m.



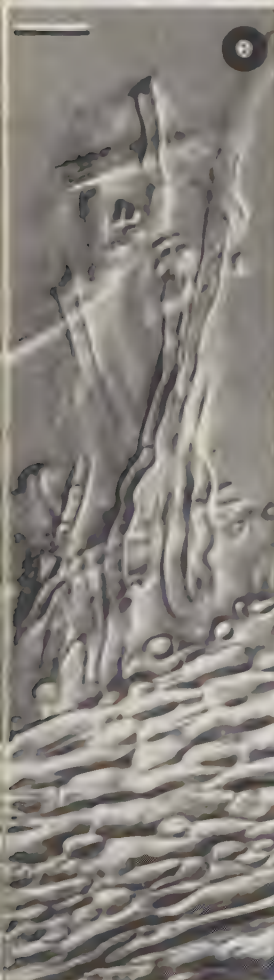
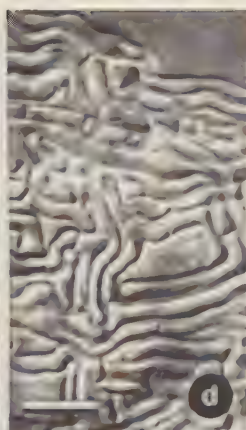
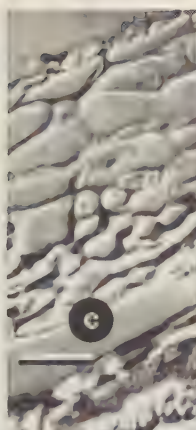
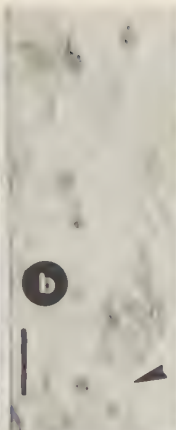
Taf.27 - Piceirhiza rufosimilis - (a, b und c) 5. Mantelschicht; (a) mit verzweigter, unseptierter Lactifere (s. Pfeil); (b) mit septierter Lactifere (s. Pfeil); (c) mit stärker lichtbrechender Lactifere (s. Pfeil); (d und e) Mantelinnenansicht, plectenchymatisch; (f) Rhizomorphe; (g und h) Längsschnitte, median; (g) Hyphen der äußersten Schicht (s. Pfeil), Zwischenräume mit Bakterien; (h) Tanninzellen von Hyphen durchwachsen; (i) Querschnitt, Übergang Pseudoparenchym / Plectenchym erkennbar; Alle Abbildungen von B1, 29.10.86; Maßstrich = 10 μ m.



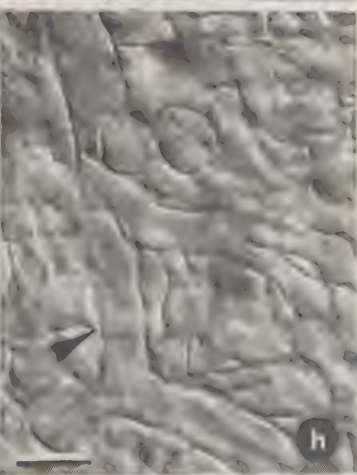
Taf.28 - Lactarius decipiens - (a, b und c) verschiedene Mantelaufsichten; (a und c) Pseudoparenchym mit angulären Zellen und darunterliegender, septierter Lactifere (s. Pfeile); (b) Pseudoparenchym mit rundlichen bis epidermoiden Zellen; (d und e) mittlere Mantelschichten mit Lactiferen, (e) Lactifere stark lichtbrechend; (f und g) Mantelinnenansichten, dicht plectenchymatisch; (g) mit Lactifere; (h) Manteloberfläche der Mykorrhizenspitze; Alle Abbildungen von B2, 12.9.85; Meßstrich = 10 μ m.



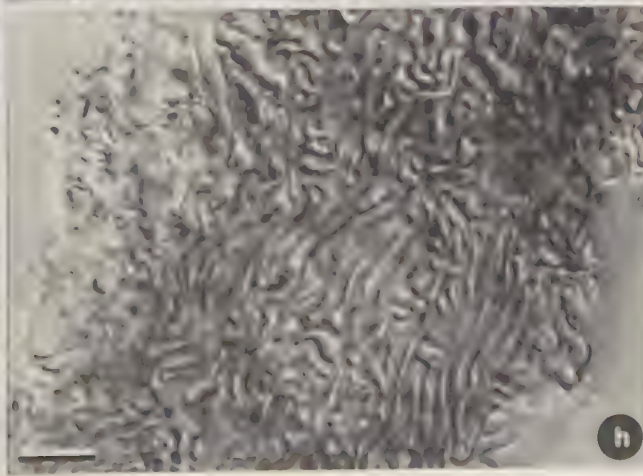
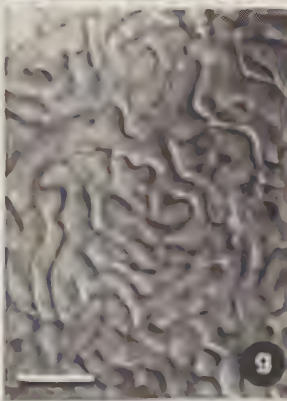
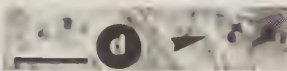
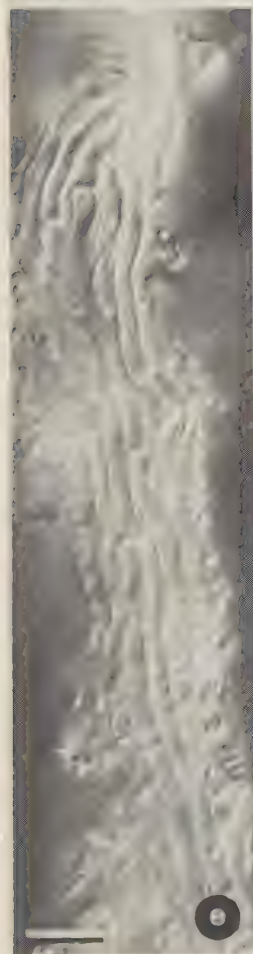
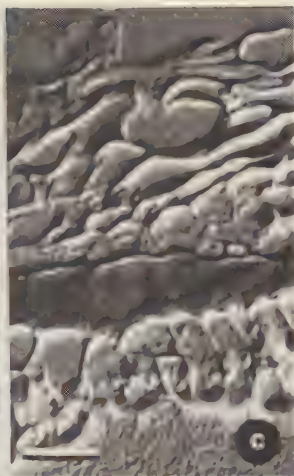
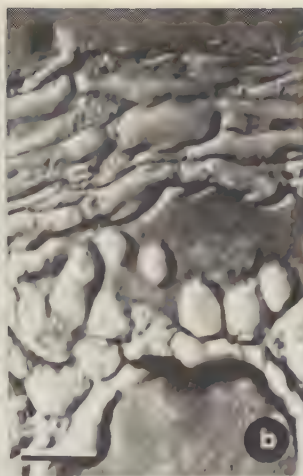
Taf.29 - Lactarius decipiens - (a) Kerne in Mantelinnenfläche und (b) in Manteloberfläche, mit Karminessigsäure angefärbt (s. Pfeil); (c) Längsschnitt, Übergang Pseudoparenchym/Plectenchym erkennbar; (d) Rhizomorphenbasis; (e) Querschnitt mit abziehenden Hyphen; (f) Rhizomorphe mit verdrehten Hyphen; (g und h) abziehende Hyphen mit verdickten Septen (wahrscheinlich am Septum zusammengedrückte Plasmareste), (g) von der Mykorrhiza und (h) vom Fruchtkörperstiel ausgehend; (i) Lactifere in der Rhizomorphe; (j) septierte Lactifere in der Rhizomorphe. Alle Abbildungen von B2, 12.9.85; Meßstrich = 10 μ m.



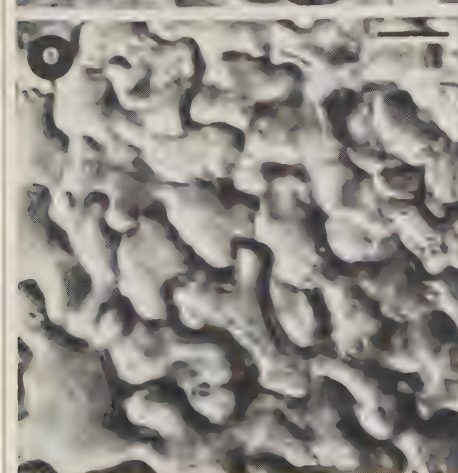
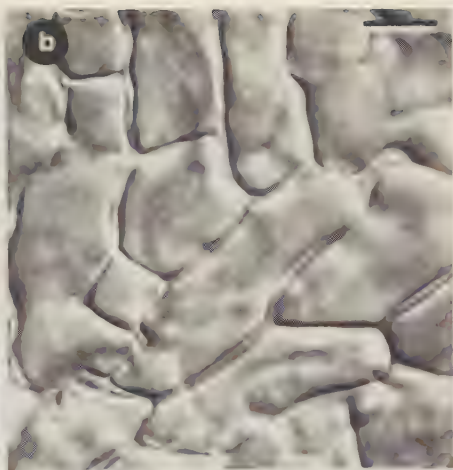
Taf.30 - Lactarius theiogalus - (a, b und c) verschiedene Mantelaufsichten, Zellgrößen und -formen etwas unterschiedlich; (d) mittlere bis innere Mantelschicht mit unseptierten Lactiferen (s. Pfeile); (e) Mantelinnenansicht mit doliporusähnlicher Struktur (s. Pfeil); (f) Mantelinnenansicht mit unseptierter Lactifere (s. Pfeil); (g) Mantelaufsicht entlang der Hauptachse, Zellen in Längsrichtung gestreckt; (h) Aufsicht auf Mykorrhizenspitze mit unseptierter verzweigter Lactifere (s. Pfeil); Alle Abbildungen von EG 9.10.84; Meßstrich = 10 μ m.



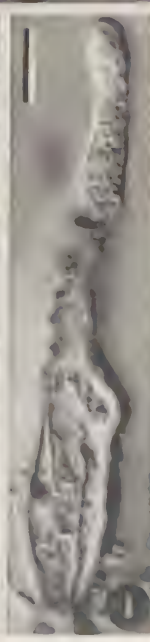
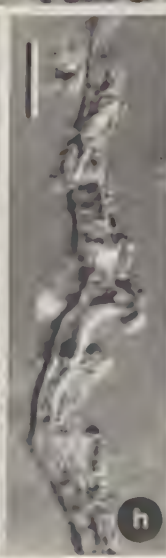
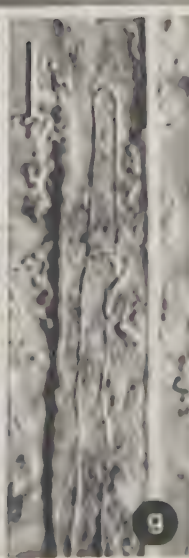
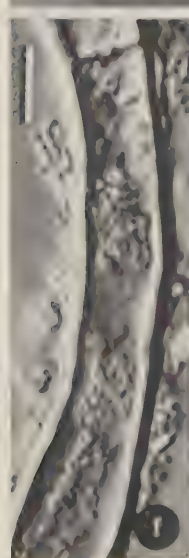
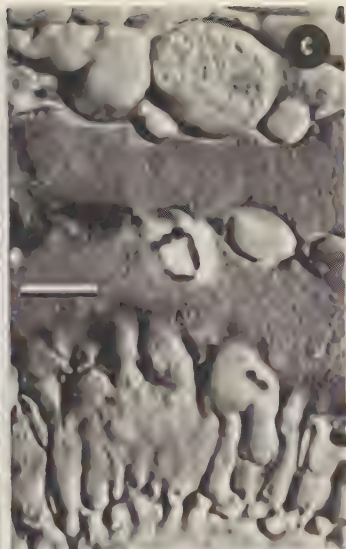
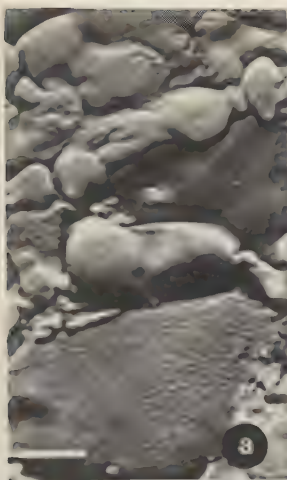
Taf.31 - Lactarius theiogalus - (a und b) Querschnitte; (a) Hartigsches Netz um Tanninzellen; (b) Tanninzellen von Hyphen durchwachsen; (c) Längsschnitt mit Hartigschem Netz um Tanninzellen; (d) Kernpaare (s. Pfeil) in Manteloberfläche, mit Karminessigsäure angefärbt; (e - h) Rhizomorphen, (e und f) mit unverdickten, (g) mit ca. 1 μ m dicken, und (h) mit verquollenen Hyphenwänden; Alle Abbildungen von EG 9.10.84; Meßstrich = 10 μ m.



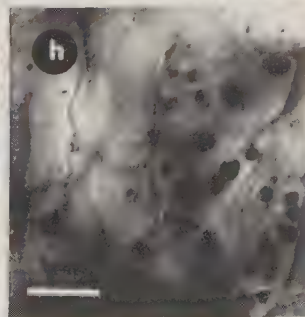
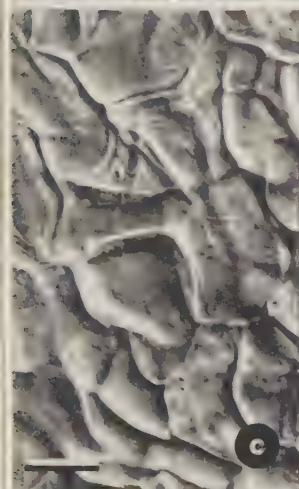
Taf.32 - Piceirhiza chordata - (a und b) äußerste Mantelschicht, pseudoparenchymatisch; (a) mit rundlichen Zellen und z.T.verdickten Wänden; (b) mit länglichen Zellen; (c) mittlere Mantelschicht; (d) Mantelinnenansicht, Zellen unregelmäßig gestaltet; (e) Manteloberfläche der Mykorrhizenspitze, Pseudoparenchym mit epidermoiden Zellen; (f) Längsschnitt median, vier Zellschichten; Alle Abbildungen von B2, 27.8.86; Meßstrich = 10 μ m.



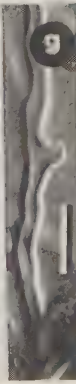
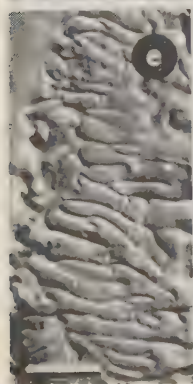
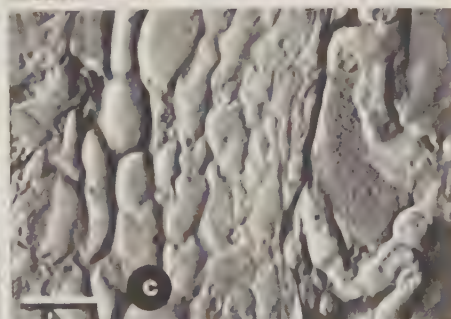
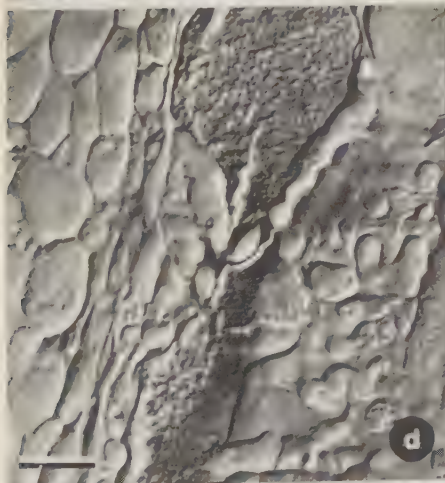
Taf.33 - Piceirhiza chordata - (a) Querschnitt, großlumige Hyphen des Hartigschen Netzes um Tanninzellen; (b) Längsschnitt median, Tanninzellen von Hyphen des Hartigschen Netzes durchwachsen; (c) Längsschnitt median, Hartigsches Netz um Tanninzellen und auf Rindenzelle; (d - j) abziehende Hyphen; (d) dickwandige, verzweigte Hyphe; (e) dünnwandige, unregelmäßig verbreiterte Hyphe; (f) dickwandige Hyphe; (g) Hyphe mit intrahyphaler Hyphe; (h) dünne Hyphe; (i) zweischichtige, verdickte, sich z.T. ablösende Zellwand und propfenartige Verdickung in der Mitte des Septums; (j) Hyphenende von auswachsender, intrahyphaler Hyphe gebildet. Alle Abbildungen von B2, 27.8.86; Meßstrich = 10 µm.



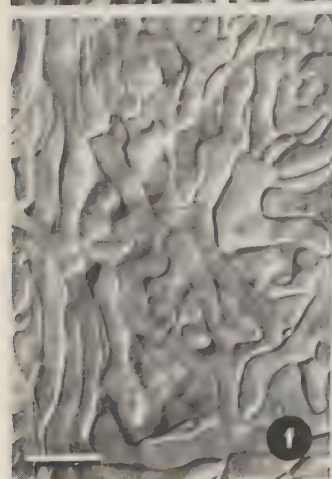
Taf.34 - Russula ochroleuca - (a, b und c) Mantelaufsichten, Pseudoparenchym mit unterschiedlich großen, angulären Zellen; (b) mit kristalloiden Ablagerungen auf der Oberfläche; (d) mittlere bis innere Mantelschicht, Übergang Pseudoparenchym/Plectenchym; (e) Mantelinnenansicht, plectenchymatisch; (f) Mantelaufsicht der Mykorrhizenspitze, Zellen sehr klein; (g, h und i) Kerne in äußeren Mantelschichten, mit Karminessigsäure angefärbt. Alle Abbildungen von C1, 30.10.84; Maßstrich = 10 μ m.



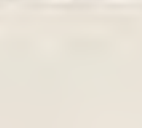
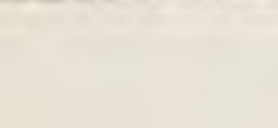
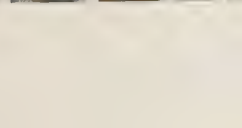
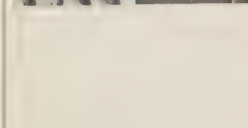
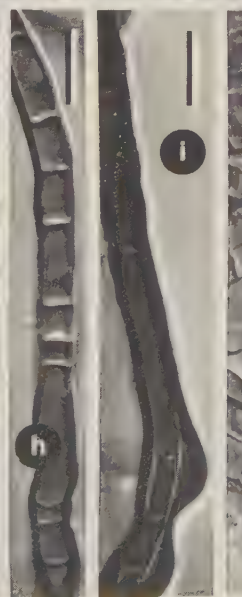
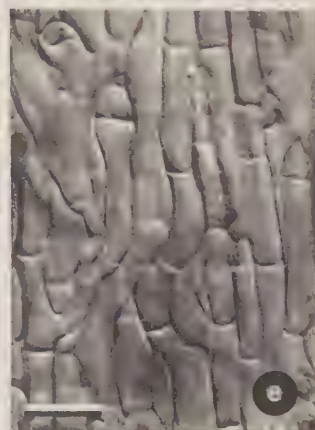
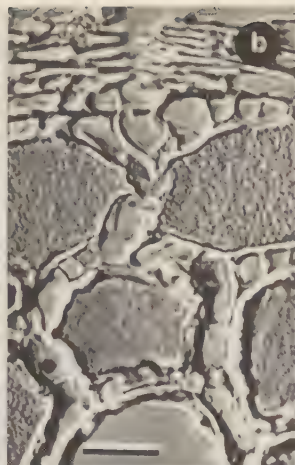
Taf.35 - Russula ochroleuca - (a und b) Längsschnitte, median; (a) Mantelaußenseite mit verschiedenen großen Zellanhäufungen und kristalloiden Ablagerungen; (b) Mykorrhizenspitze, fast glatte Mantelaußenseite, äußerste Rindenzellen mit Tannineinlagerungen; (c) Querschnitt, Zellwände in äußeren Mantelschichten dicker; (d und e) Längsschnitte; (d) Tannin- und Rindenzellen von Hyphen durchwachsen; (e) Hartigsches Netz auf Rindenzelle; (f - j) abziehende Hyphen; (g und j) mit seitlichen Ausbuchtungen. Alle Abbildungen von C1, 30.10.84; Meßstrich = 10 μ m.



Taf.36 - Hygrophorus pustulatus - (a) Mantelaufsicht, pseudoparenchymatisch, Zellen epidermoid; (b) Mantel mit aufliegenden abziehenden Hyphen; (c, d, e und f) innere Mantelschichten, dicht plectenchymatisch; (d und e) Hyphen mit Anastomosen (s. Pfeile); (g) Längsschnitt, Mantelhyphen mit Übergang in Hartigsches Netz, Hyphen hier blasig verbreitert; Alle Abbildungen von B1, 22.10.86; Meßstrich = 10 μ m.



Taf.37 - Hygrophorus pustulatus - (a und c) Längsschnitte, median; (a) Mantel und Hartigsches Netz um Tanninzellen und auf Rindenzellen; (b) Querschnitt mit Hartigschem Netz um Tanninzellen; (c) Intrazelluläre Hyphen in Rindenzellen; (d und e) Ausschnitt aus Rhizomorphen, (d) Aufsicht, (e) optischer Schnitt; (f - l) abziehende Hyphen; (f) mit Schnallen; (g) aus Manteloberflächenzelle auswachsend; (h) zahlreiche, einfache Septen; (i) intrahyphale Hyphe; (j) vom Septum einwachsende, intrahyphale Hyphe; (k) blasige Anschwellung; (l) Hyphenende, Septum mit doliporusähnlicher Struktur; (m) Ausschnitt einer Rhizomorphe (optischer Schnitt); Alle Abbildungen von B1, 22.10.86; Maßstrich = 10 μ m.



Lebenslauf

Am 3.3.1957 wurde ich, Eva Gronbach, in Memmingen als Tochter des Ingenieurs Wilhelm Gronbach und seiner Ehefrau Gertrude Gronbach, geb. Haas, geboren. 1963 bis 1967 besuchte ich die Volksschule in Ebersberg, 1967 trat ich in das Gymnasium Grafing ein. Ab 1969, bis zur Reifeprüfung, die ich 1976 ablegte, besuchte ich das Gymnasium in Wasserburg/Inn.

1977 begann ich mit dem Biologiestudium an der LMU München. Nach der Vordiplomsprüfung 1979 belegte ich als Hauptfach Systematische Botanik, als Nebenfächer Genetik und Geologie. 1983 schloß ich das Studium mit der Diplomarbeit "Revision der Gattung Schizanthus (Solanaceae)" ab.

Seit 1984 arbeitete ich am Institut für Systematische Botanik unter der Anleitung von Prof. Agerer an meiner Dissertation mit dem Thema: "Charakterisierung und Identifizierung von Ektomykorrhizen in einem Fichtenbestand mit Untersuchungen zur Merkmalsvariabilität in sauer beregneten Flächen".

